

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Návrh výroby vodící lišty

Production Concept of Guide Rail

Student:

Vedoucí diplomové práce:

Bc. Tomáš Moch

prof. Dr. Ing. Ivan Mrkvica

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 18. 5. 2020.



Podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 18. 5. 2020.



Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Tomáš Moch

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Svobody 22, 747 23 Bolatice

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

MOCH, T. Návrh výroby vodící lišty. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2020, 62 s. Vedoucí práce: Mrkvica, I.

Cílem diplomové práce je navrhnout přípravek pro obrábění vodících lišt dle zadání zákazníka. Teoretická část práce se zabývá návrhem přípravků a zvolením výhodnější varianty. V praktické části diplomové práce došlo k vyrobení vzorků a zaslání zákazníkovi. Výsledek vedl k významnému snížení výrobního času a tím i ceny výrobku.

ANOTATION OF MASTER THESIS

MOCH, T. Production Concept of Guide Rail. Ostrava: VŠB -Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining, Assembly and Engineering, 2018, 62 p. Thesis head: Mrkvica, I.

The aim of the master thesis is to propose Clamping Jig for machining Guide Rail according to the customer's order. The teoretical part deals with the proposal Clamping Jig and selection of a more advantageous variant. In the practical part of the master thesis we made samples of samples Guide Rails and sent to the customer. The results led to the significant reduction in production time and thus the price of product.

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Tomáš Moch**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Téma: **Návrh výroby vodicí lišty**
Production Concept of Guide Rail
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Charakteristika součásti, strojní vybavení výrobce.
3. Návrh technologického postupu včetně diskuse použitých nástrojů.
4. Návrh obráběcího přípravku včetně zpracování jeho výkresové dokumentace.
5. Počítačová podpora při výrobě dané součásti.
6. Ekonomické zhodnocení navrženého postupu výroby.
7. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:


STEPHENSON, D. A.; AGAPIOU, J.S. *Metal Cutting Theory and Practice*. Third Edition, CRC Press Taylor & Francis Group London, 2016, 947 p. ISBN 978-1-4556-8753-3.
KLOCKE, F. *Fertigungsverfahren 1, Zerspanung mit geometrisch bestimmter Schneide*. 9. Auflage, Springer-Verlag GmbH, 2018, 682 S. ISBN 978-3-662-54206-4.
MRKVIČA, M. *Přípravky a obráběcí nástroje II. díl Přípravky*. 3. vydání, Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2015, 184 s. ISBN 978-80-248-3776-5.
ŘASA, J.; HANĚK, V.; KAFKA, J. *Strojírenská technologie 4, Návrhy nástrojů, přípravků a měřidel. Zásady montáže*. 1. vydání, Praha: Scientia, spol. s r.o., 2003, 505 s. ISBN 80-7183-284-7.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **prof. Dr. Ing. Ivan Mrkvica**

Datum zadání: 20.12.2019

Datum odevzdání: 18.05.2020


doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Především bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce, panu prof. Dr. Ing. Ivanu Mrkvicovi, za odborné vedení práce a poskytnutí velice užitečných rad v oblasti návrhu přípravků.

Diplomová byla vypracována za podpory projektu: „Specifický výzkum inovativních technologií výroby“, reg. č. „SP2020/27“ Specifického výzkumu financovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	8
1. Úvod a cíl.....	10
2. Charakteristika firmy Josef Moch.....	11
3. Charakteristika součásti, strojní vybavení výrobce	13
Materiál součásti a volený polotovár	15
Dělení materiálu.....	16
Frézování.....	17
4. Návrh technologického postupu včetně diskuse použitých nástrojů	18
5. Návrh obráběcích přípravků včetně zpracování jejich výkresových dokumentací a ekonomického zhodnocení	25
Přípravek pro operaci 1 – varianta číslo 1	26
Přípravek pro operaci 1 – varianta číslo 2	32
Ekonomické zhodnocení přípravků pro první operaci	38
Přípravek pro operaci 2	41
Ekonomické zhodnocení přípravků pro druhou operaci	45
6. Počítačová podpora při výrobě dané součásti.....	47
Fusion 360.....	47
Nastavení obrábění ve Fusion 360	48
7. Ekonomické zhodnocení navrženého postupu výroby	53
8. Závěr	56
9. Seznam literatury	58
10. Seznam obrázků.....	60
11. Seznam tabulek.....	62

Seznam použitých značek a symbolů

Značka	Jednotka	Značka
a.s.	[-]	Akciová společnost
Cena _{cnc_opr1}	[Kč]	Cena za frézování na 1 kus operace 1
Cena _{cnc_opr1}	[Kč]	Cena za frézování na 1 kus operace 2
Cena _{cnc}	[Kč]	Cena za frézování na 1 kus za všechny operace
Cena _{celkem}	[Kč]	Cena za výrobu 1 kusu vodící lišty
Cena _{mat}	[Kč]	Cena za 1 ks polotovaru
Cena _{madla}	[Kč]	Cena za 1 ks madla
Cena _{madel}	[Kč]	Cena madel na 1 ks přípravku
Cena _{přípravků}	[Kč]	Celková cena všech přípravků pro výrobu
Cena _{přípravku_opr2}	[Kč]	Cena za 1 ks přípravku pro druhou operaci
Cena _{přípravku_2}	[Kč]	Cena za 1 ks přípravku pro první operaci číslo 2
Cena _{přípravku_1}	[Kč]	Cena za 1 ks přípravku pro první operaci číslo 1
Cena _{prip_ks}	[Kč]	Cena za celý přípravek na 1 kus vodící lišty
Cena _{rez}	[Kč]	Cena za řezání na 1 kus vodící lišty
Cena _{upínače}	[Kč]	Cena za 1 ks upínače
Cena _{upínače_ex}	[Kč]	Cena za 1 ks excentrického upínače
CNC	[-]	Computer numeric control
F _c	[N]	Řezná síla
k _{c1}	[MPa]	Měrná řezná síla
K _{Scel}	[-]	Celkový počet vyráběných vodících lišt
K _{rezhod}	[-]	Počet kusů uřezaných za hodinu
K _{rezuhod}	[-]	Počet řezů pásové pily za hodinu
mc	[-]	Exponent pro výpočet řezné síly

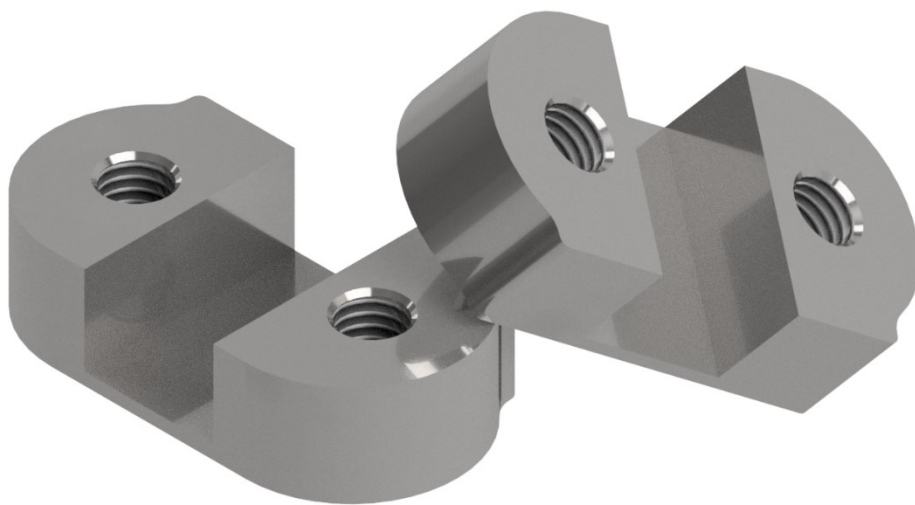
f_z	[mm]	Posuv na zub
f_{\min}	[mm/min]	Posuv za minutu
P	[-]	Stoupání závitu
Sazba _{CNC}	[Kč/hod]	Hodinová sazba CNC obráběcího centra
Sazba _{Pily}	[Kč/hod]	Hodinová sazba pásové pily
n	[min ⁻¹]	Otáčky
v_c	[m.min ⁻¹]	Řezná rychlost
z	[-]	Počet zubů frézy

1. Úvod a cíl

Diplomová práce je zaměřena na návrh a výrobu přípravku pro výrobu vodicích lišt v množství 10 tisíc kusů za rok.

Teoretická část diplomové práce je zaměřena na vývoj nového přípravku pro obrábění několika kusů vodicích lišt najednou.

Cílem této práce je snížit náklady na jeden kus na minimální cenu a tu nabídnout konečnému zákazníkovi. To vše musí proběhnout v technologických možnostech firmy.



Obrázek 1.1 – Model vodicí lišty

2. Charakteristika firmy Josef Moch

Firma Josef Moch se zabývá zakázkovou výrobou - konkrétně obráběním kovových a nekovových materiálů na CNC strojích, mezi jejich hlavní činnost patří soustružení, frézovací a vrtací činnost. Společnost Josefa Mocha je rodinnou společností s dlouhodobou historií od roku 2003, kdy začal v oboru působit.



Obrázek 2.1 – Logo firmy Josef Moch

Mezi hlavní zákazníky patří OSTROJ a.s. (významný výrobce sortimentu důlních zařízení pro všechny podmínky dobývání v hlubinných dolech), MSA a.s. (světový výrobce průmyslových armatur), Armatury Group a.s. (výrobce armatur), a další.



Obrázek 2.2 – Ukázka výroby firmy Josef Moch

Díky kvalitním výrobkům a flexibilním dodávkám, které firma vyráběla pro svoje odběratele, narůstaly postupem času i další nové zakázky, které měly zásadní vliv na pořízení nového strojního vybavení. V roce 2020 již vyrábí na 7 CNC strojích a 9 konvenčních, díky tomu může zákazníkům nabídnout kompletní výrobu na klíč.

Stručný přehled vývoje společnosti

rok 2003 – začátek podnikání pod obchodním jménem KOVOBRÁBĚČSTVÍ JOSEF MOCH

- rok 2003 – nákup soustruhu, frézky
- rok 2004 – nákup vrtačky, frézky svislé FA4V
- rok 2005 – nákup soustruhu SU50A/1000mm, nákup CNC soustruh SPT 16 NC, nákup pásové pily
- rok 2006 – nákup CNC soustruhu SPT 16 NC
- rok 2008 – výstavba výrobní haly
 - nákup hrotového soustruhu SUS802750
 - nákup hrotového soustruhu SU63/2000
 - koncem roku slavnostní otevření výrobní haly
- rok 2009 – nákup užitkového vozidla FORD pro dopravu dílů, nákup navrtávačky, zarovnávačky hřídelů FZWD 160
- rok 2010 – útlum výroby díky celosvětové krizi
- rok 2011 – opětovné navyšování zakázek, nákup obráběcího centra CINCINATI Milacron SABRE 500
- rok 2014 – nákup jeřábu pro usnadnění manipulace s těžkými a velkými kusy
- rok 2015 – nákup CNC obráběcího centra a CNC soustruhu v projektu MOCH'sCNCs I.
- rok 2015 – nákup použitého CNC obráběcího centra MAS Kovosvit MCV 750
- rok 2017 – nákup CNC soustruhu a CNC soustruhu s podavačem tyčí a poháněnými nástroji v projektu MOCH'sCNCs II



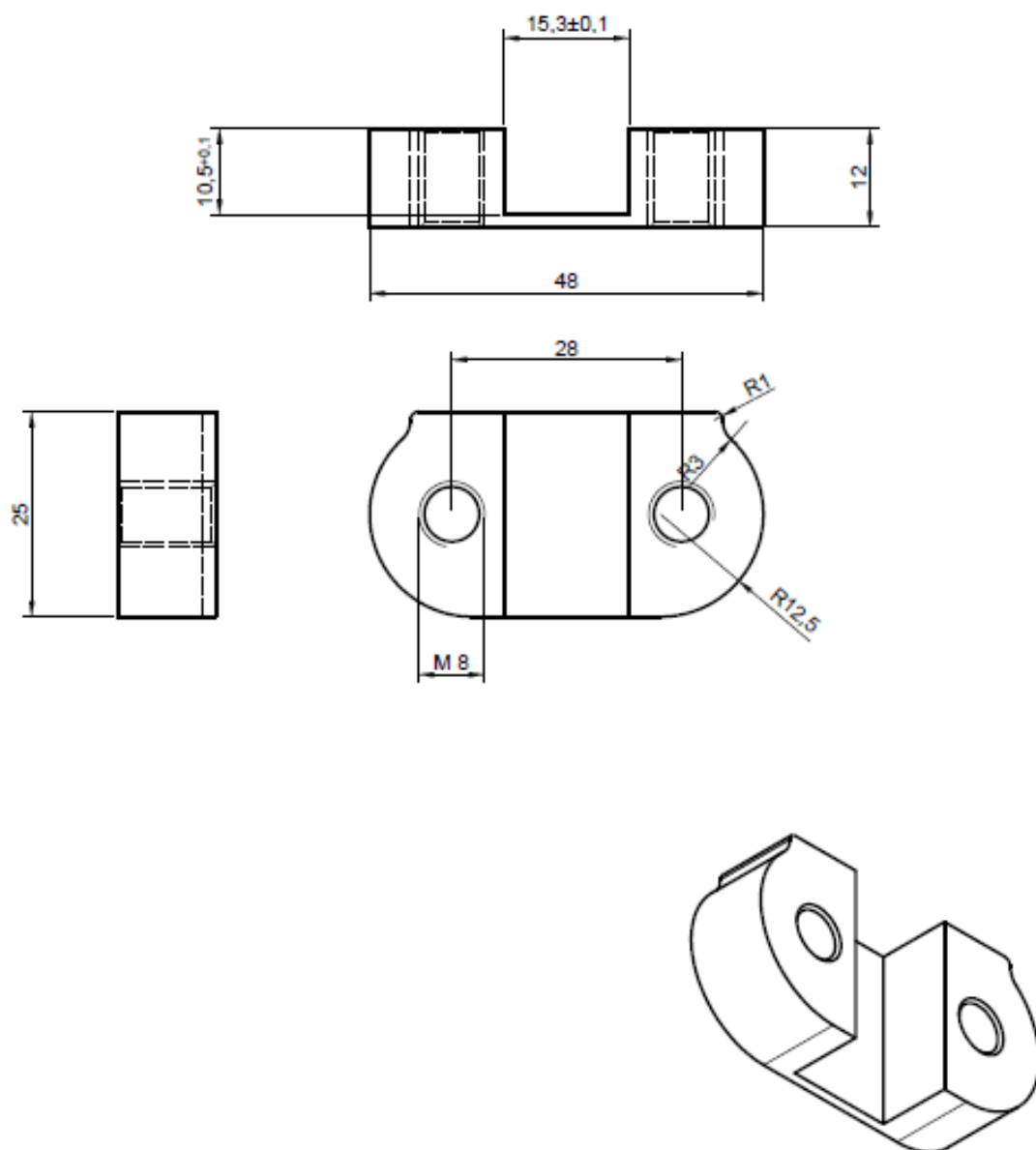
Obrázek 2.3 – Ukázka výroby firmy Josef Moch

3. Charakteristika součásti, strojní vybavení výrobce

Vyráběný díl slouží k vedení profilů, kterým brání k vychýlení a kmitání.
Proto je důležité na součásti dodržet předepsaný rozměr a drsnost v drážce.



Obrázek 3.1 – Ukázka lišty v praxi



INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS	VŠB - Technická univerzita Ostrava	
ZN.MAT.			T.O.	HMOTNOST kg	MĚŘ.
ROZM.-POLOT.	55x30x10			0,06 Kg	2:1
POM. ZAŘ.				ČSN	TRČ.
VYPR. Moch Tomáš	NORM.REF.			POZN.	Č. KUSOVNÍKU
PŘEZK.					
TECHNOL.	SCHVÁLIL	20.3.2020	STARÝ V.		Č.V.
NÁZEV	Führung Hebel oben vz.			95194365	
				Listů	List

Obrázek 3.2 – Výkres vodící lišty

Materiál součásti a volený polotovar

Předepsaný materiál od zákazníka je S235. Jedná se o dobře obrobitelnou neušlechtilou konstrukční ocel vhodnou ke svařování.

Tabulka 3.1 – Vlastnosti oceli S235

1. Orientační srovnání se zahraničními normami

DIN	EN 10027-1	EN 10027-2	EN 10025:90	GOST
RSt37-2	S235JRG2	1.0038	Fe360BFN	St2ps

2. Chemické složení (rozbor tavby) v %

C	Mn	Si	P	S	N	Al
max. 0,170			max. 0,045	max. 0,045	max. 0,009	

3. Mechanické vlastnosti

Mechanické vlastnosti	Provedení	
	tepelně nezpracované	normalizačně žíhané
Pevnost v tahu R_m [MPa]		
Mez kluzu R_e [MPa]		
Tažnost A_{10} [%]		

Materiál S235 se prodává v plochých tažených tyčích s různým průřezem. S ohledem na součást a vyráběné rozměry tyčí jsem zvolil jako polotovar 30x15. Ten budeme dále dělit již u nás na pásové pile na požadovaný rozměr.

Dělení materiálu

Materiál bude nadělen na pásové pile značky Bomar označení Ergonomic 320.250 G.

Tabulka 3.2 – Specifikace pásové pily Bomar Ergonomic 320.250 G

Specifikace pásové pily Bomar Ergonomic 320.250 G		
Max. rozměr řezání kruhové tyče	mm	250
Max. rozměr řezání čtyřhranné tyče	mm	240
Rychlost pásu (pomalejší/rychlejší)	m/mm	80/40
Výkon motoru	kW	1.5
Hmotnost	kg	385



Obrázek 3.2 – Pásová pila Bomar Ergonomic 320.250G [1]

Frézování

Samotné frézování bude probíhat na 3 osém obráběcím centru Doosan DNM 500II. Jde o obráběcí centrum střední velikosti – rozměr stolu 1000x500mm, vysokootáčkovým vřetenem a zásobníkem na 30 nástrojů.



Obrázek 3.3 – Obráběcí centrum Doosan DNM 500 II [2]

Popis stroje

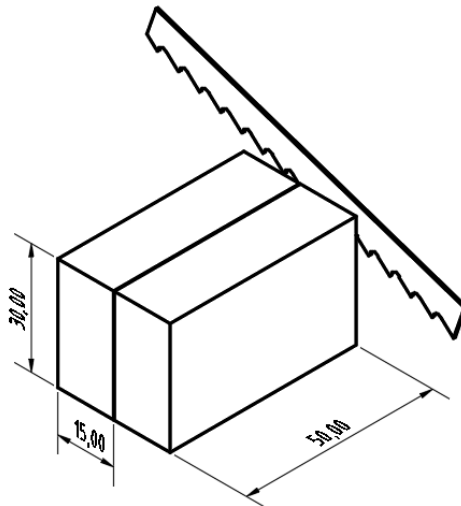
Tabulka 3.2 – Specifikace CNC obráběcího centra Doosan DNM 500 II

Specifikace CNC obráběcího centra Doosan DNM 500 II		
Kužel vřetena		ISO 40
Otáčky vřetena	min ⁻¹	12 000
Výkon hlavního motoru	kW	15
Pojezd v ose X	mm	1020
Pojezd v ose Y	mm	540
Pojezd v ose Z	mm	510
Rozměr stolu	mm	1200 x 540
Počet nástrojů	ks	30

4. Návrh technologického postupu včetně diskuse použitých nástrojů

- Dělení materiálu

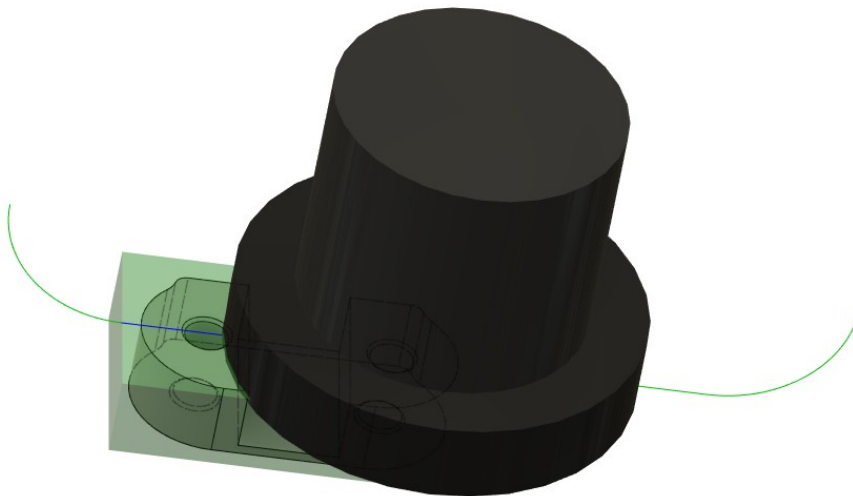
Výroba dílu začíná na řezárně. Materiál je dělen na pásové pile Bomar Ergonomic na díly o délce 50 mm. Pro vyšší efektivitu budeme řezat 2 ks najednou.



Obrázek 4.1 – Grafické znázornění dělení materiálu

- Frézování vrchní plochy

Jako první frézovací operace je přefrézování vrchní plochy rovinnou frézou. Tuto operaci zvládneme na jeden průjezd frézy, jelikož fréza má větší průměr než je šířka dílu. Další operace je hrubování obrysu.



Obrázek 4.2 – Grafické znázornění frézování rovinnou frézou

Použitý nástroj: Rovinná fréza – průměr 63



Obrázek 4.3 – Rovinná fréza od firmy Pramet[3]

Označení frézovacího tělesa 63A06R-S45HN06C-C

Průměr nástroje $d = 63$

Počet destiček $z = 6$

Destičky HNGX 0906ANSN-M

$v_c = 150-250 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$

$f_z = 0,1 \div 0,2 \text{ [mm.zub}^{-1}\text{]}$

Výpočet řezných podmínek

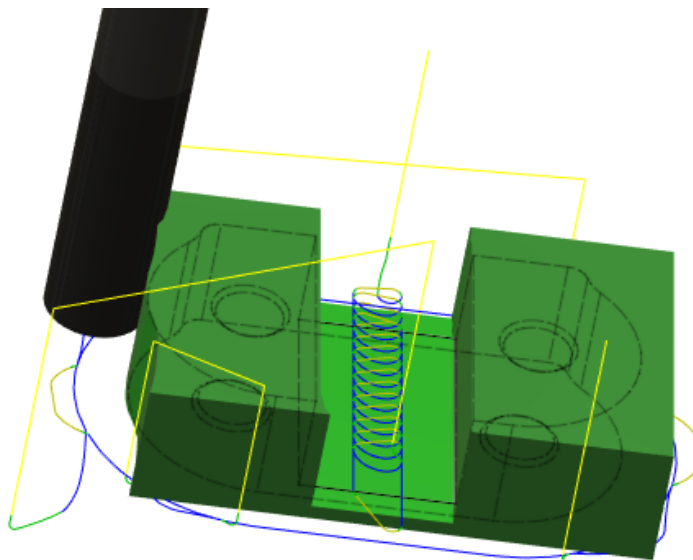
$v_c = 200 \text{ [m/min]}$ $f_z = 0,2 \text{ [mm]}$ $z=6$

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 200}{\pi \cdot 63} = 994 \text{ [ot/min]} \rightarrow 1000 \text{ [ot/min]}$$

$$f = n \cdot f_z \cdot z = 1000 \cdot 0,2 \cdot 6 = 1200 \text{ [mm/min]}$$

- Hrubování obvodu součásti

K hrubování obrysu použijeme monolitní frézu od firmy Guehring. Tyto frézy vynikají dlouhou životností a nízkou cenou.



Obrázek 4.4 – Grafické znázornění hrubování monolitní frézou

Použitý nástroj: Monolitní válcová fréza pro hrubování

K hrubování slouží fréza Guehring Ratio RF 100 speed průměru 10 mm.



Obrázek 4.5 – Válcová fréza Guehring Ratio RF 100 speed [4]

Řezné podmínky jsou zvoleny z katalogu výrobce. [5]

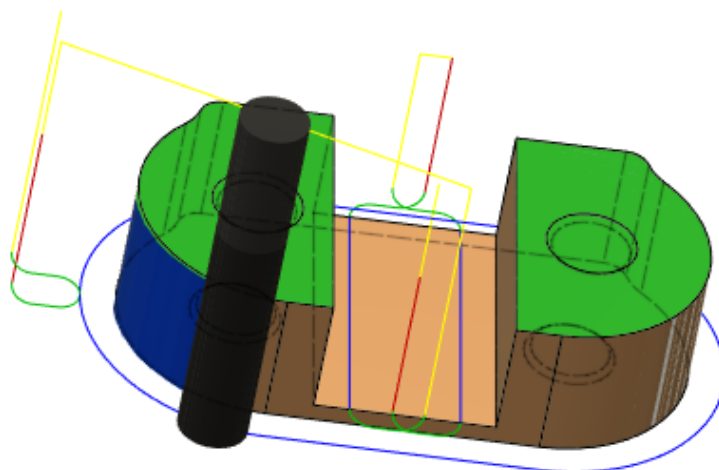
$$v_c = 80 \text{ [m.min}^{-1}\text{]} \quad f_z = 0,05 \text{ [mm]} \quad z=4$$

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 80}{\pi \cdot 10} = 2550 \text{ [ot/min]}$$

$$f_{min} = n \cdot f_z \cdot z = 2550 \cdot 0,05 \cdot 4 = 510 \text{ [mm/min]}$$

- Dokončování obvodu součásti

K dokončování použijeme frézu od firmy Pramet – pod označením S7616. Jedná se o kvalitní monolitní frézu určenou na dokončovací operace ocelí. Pro dokončování jsem zvolil maximální možný průměr frézy tak aby byl obrys kompletně dokončen – limitoval nás nejmenší vnitřní rádius na obrysu dílu – R4. Pro dobrý povrch jsem použil frézu průměr 6.



Obrázek 4.6 – Grafické znázornění dokončování monolitní frézou

Použitý nástroj: Monolitní válcová fréza pro dokončení

K dokončování slouží fréza průměru 6 od firmy Pramet s označením S7616.0. Jedná se o krátkou dokončovací frézu.



Obrázek 4.7 – Válcová dokončovací fréza od firmy Pramet

Řezné podmínky jsou zvoleny z ekatologu výrobce. [17]

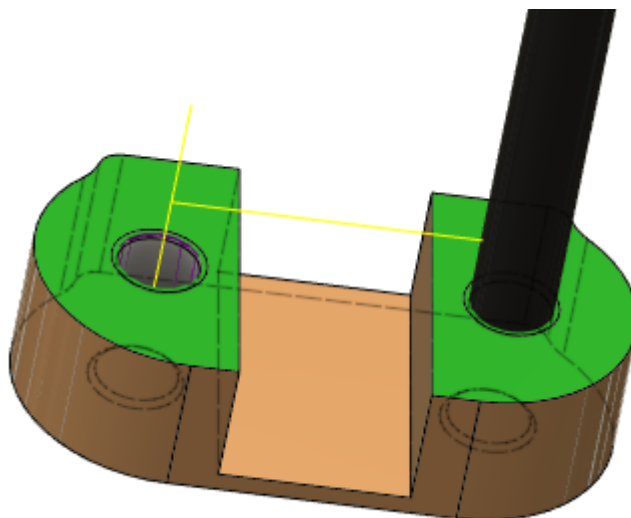
$$v_c = 150 \text{ [m.min}^{-1}\text{]} \quad f_z = 0,01 \text{ [mm]} \quad z=4$$

$$n = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 150}{\pi \cdot 6} = 7957 \text{ [ot/min]}$$

$$f_{min} = n \cdot f_z \cdot z = 7957 \cdot 0,01 \cdot 4 = 318 \text{ [mm/min]}$$

- Vrtání monolitním vrtákem

Jako další operace následuje vrtání otvoru pro závit. Dle strojírenských tabulek je otvor pro závit M8 průměr 6,8. Pro toto vrtání jsme zvolil vysoce produktivní monolitní vrták firmy Pramet s vnitřním chlazením. Výrobce udává životnost do nízkoalokované oceli až 2831 ks děr při dodržení jejich parametrů.



Obrázek 4.8 – Grafické znázornění vrtání monolitním vrtákem

Použitý nástroj: Monolitní vrták



Obrázek 4.9 – Monolitní vrták s vnitřním chlazením od firmy Pramet

Doporučené řezné podmínky

$$v_c = 100-150 \text{ [m.min}^{-1} \text{]}$$

$$f_z = 0,1 \div 0,2 \text{ [mm]}$$

Výpočet řezných podmínek

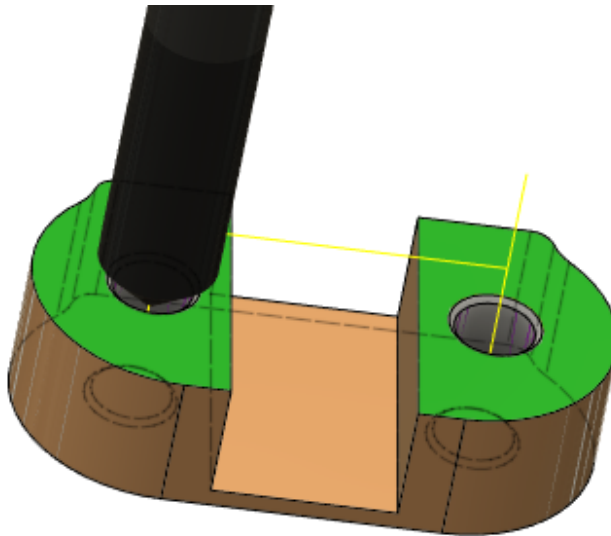
$$v_c = 150 \text{ [m.min}^{-1} \text{]} \quad f_z = 0,15 \text{ [mm]}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 150}{\pi \cdot 6,7} = 4750 \text{ [ot/min]}$$

$$f_{min} = n \cdot f_z = 4750 \cdot 0,15 = 712 \text{ [mm/min]}$$

- Srážení děr pro závit

Po vyvrtání děr následuje jejich srážení. K srážení a odjehlování používáme destičkový srážecí od firmy Mitsubitchi.



Obrázek 4.10 – Grafické znázornění srážení destičkovým srážecím

Použitý nástroj: Destičkový srážecí od firmy Mitsubishi

Pro srážení otvoru pro závit jsem destičkový srážecí japonské firmy Mitsubishi.



Obrázek 4.11 – Destičkový srážecí firmy Mitsubishi

Doporučené řezné podmínky pro srážení [6]

$$v_c = 120 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$$

$$f_z = 0,2 \div 0,25 \text{ [mm]}$$

Výpočet řezných podmínek

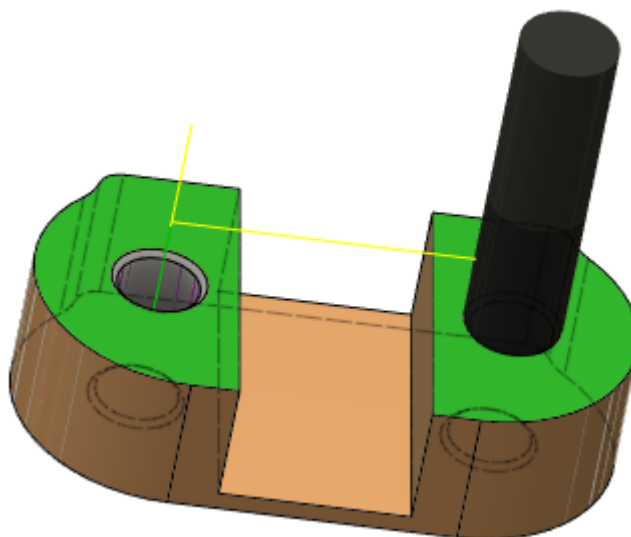
$$v_c = 120 \text{ [m.min}^{-1}\text{]} \quad f_z = 0,2 \text{ [mm]}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 120}{\pi \cdot 8} = 4774 \text{ [ot/min]}$$

$$f_{min} = n \cdot f_z = 4750 \cdot 0,2 = 954 \text{ [mm/min]}$$

- Závítování

K závítování slouží závítník série Shark od firmy Pramet. Jedná se o vysoce výkonný strojní závítník do slepých děr. Výrobce udává životnost až 2500 kusů závitů.



Obrázek 4.12 – Grafické znázornění závítování

Použitý nástroj: Závítník od firmy Pramet

Závítník jsem vybral od firmy Pramet. Jedná se o výkonný strojní závítník do slepých děr. Udávaná životnost do nelegované oceli je více než 2500 kusů závitů.



Obrázek 4.13 – Závítník M8 firmy Pramet

Doporučené řezné podmínky pro závítování

$$v_c = 40 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$$

$$p = 1,25 \text{ [mm.ot}^{-1}\text{]}$$

Výpočet řezných podmínek

$$v_c = 40 \text{ [m.min}^{-1}\text{]} \quad p = 1,25 \text{ [mm]}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 40}{\pi \cdot 8} = 1592 \text{ [ot/min]}$$

$$f_{min} = n \cdot p = 1592 \cdot 1,25 = 1990 \text{ [mm/min]}$$

5. Návrh obráběcích přípravků včetně zpracování jejich výkresových dokumentací a ekonomického zhodnocení

Z důvodu snížení času výměny ve stroji je nutno u takové série použít vícenásobné upínání. To zajistíme výrobou dvou upínacích desek, které bude obsluha ve stroji vyměňovat.

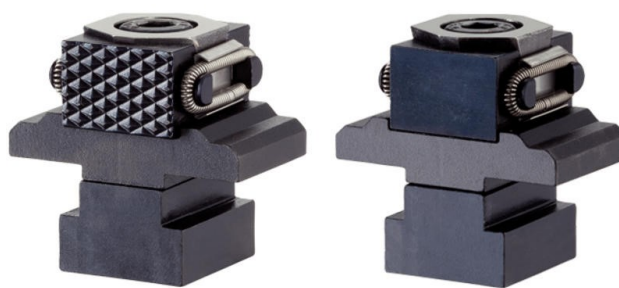
Na každé upínací desce se budeme snažit umístit co nejvíce obráběných dílů. Limitováni jsme rozměrem obráběcího prostoru v obráběcím centru, ale hlavně vahou přípravku s polotovary, protože toto pracoviště není vybavené jeřábem. Upínací desku s polotovary bude do obráběcího centra vkládat jeden člověk, proto ho musí bez problémově uzvednout a být schopen to opakovat po celou směnu.

Přípravek pro operaci 1 – varianta číslo 1

Upínací prvek

Jako upínací prvek pro první variantu přípravku jsem vybral klínové rozpěrné upínače jsem vybral od německé firmy Halder, která má s výrobou upínacích prvků více než 80 let zkušeností. Jeho českým distributorem je firma Haberkorn sídlící v Mokřých Lazcích.


Pro bezpečné a pevné upnutí jsem použil rýhované rozpěrné upínače – jelikož upínáme za polotovár, tak nám nevadí poškození povrchu při upnutí. K výběru nástroje nás limituje minimální vnitřní rádius na obrysu dílu.

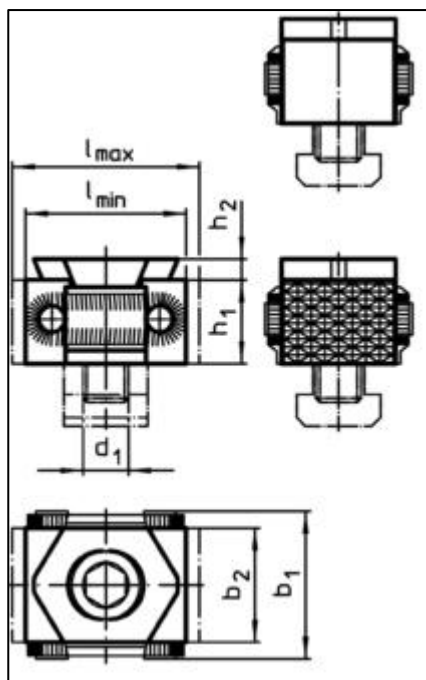


Obrázek 5.1 – Klínové rozpěrné upínače od firmy Halder[7]

Výrobce má na výběr z několika variant klínových rozpěrných upínačů, které se liší velikostí a upínací silou. Pro naše použití jsem zvolil středně silný upínač, kde je hlavní upínací síla vyvozována šroubem M12 a to až 30[kN].

Tabulka 5.1 – Varianty rozpěrných klínových upínačů od firmy Halder

Rozměry										Upínací síla max. [kN]	Utahovací moment max. [Nm]	 [g]
d ₁	l	l ₂	b ₁	b ₂	b ₃	d ₂	h ₁	h ₂	h ₃			
[mm]												
jednoduchý klín, rýhovaná upínací čelist, oboustranná – Obr. 1												
M 8	27 – 31	–	29	21	–	–	15	2,5	–	20	43	73
M12	42 – 49	–	41	30	–	–	22	4,0	–	30	85	231
M16	57 – 65	–	56	42	–	–	29	5,0	–	50	210	587



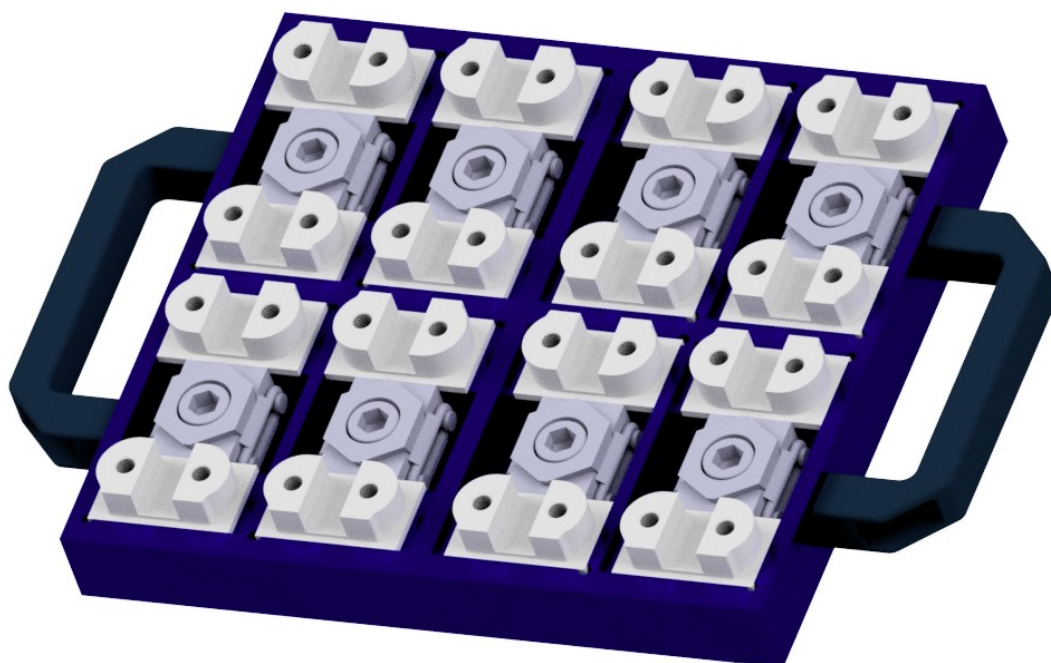
Obrázek 5.2 – Klínové rozpěrné upínače – technické parametry



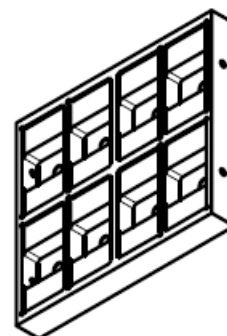
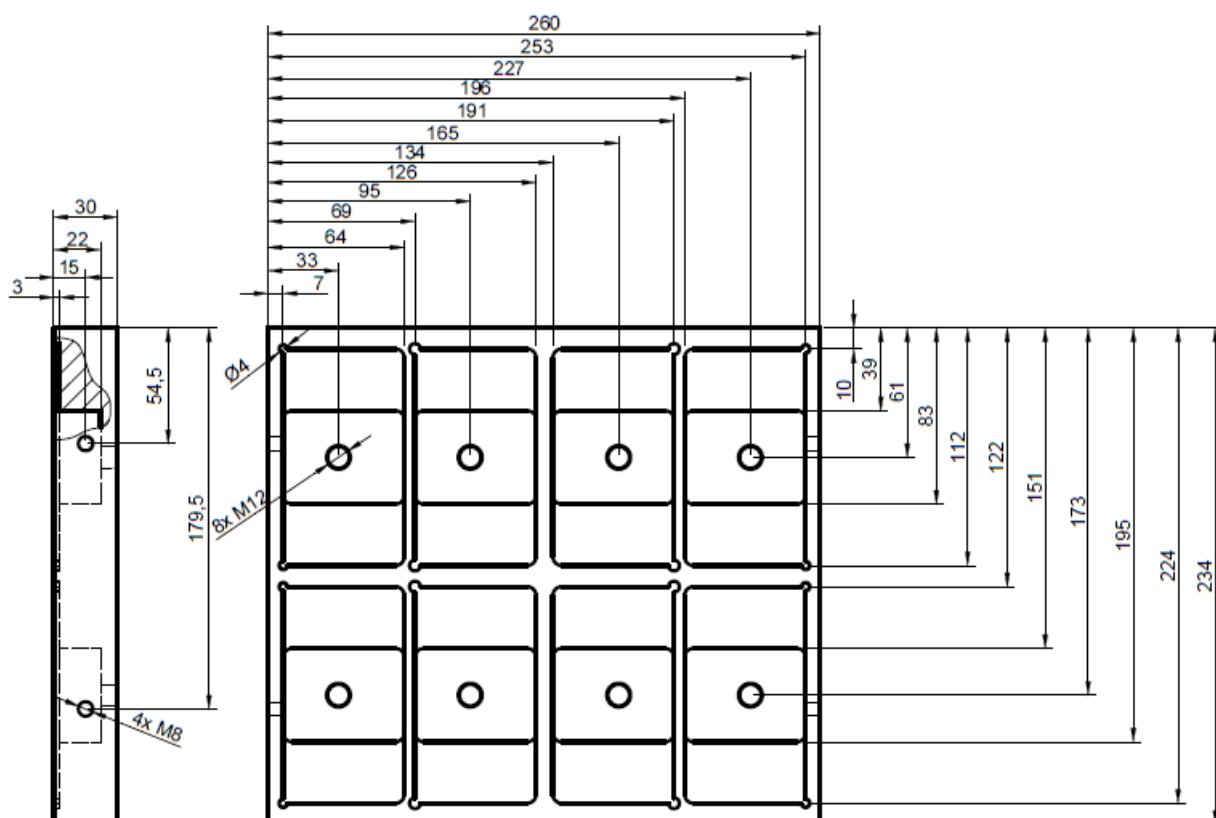
Obrázek 5.3 – Model desky přípravku číslo 1



Obrázek 5.4 – Model přípravku číslo 1 osazený rukojetěmi, klínovými upínači a polotovary



Obrázek 5.5 – Model přípravku číslo 1 osazený rukojetěmi, klínovými upínači a frézovanými díly



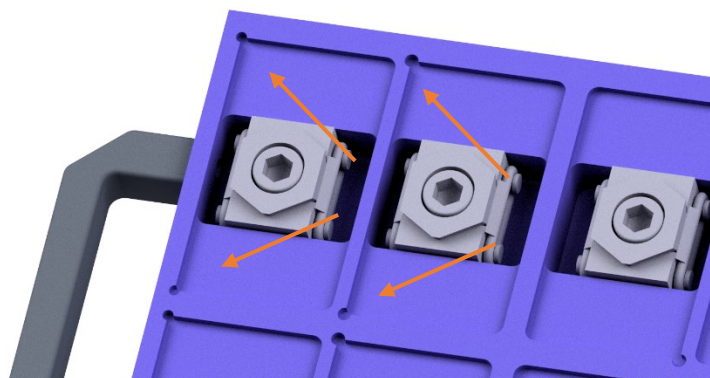
Nekótované rádiusy MAX R4

INDEX	ZMENA	DATUM	PODPIS	VŠB - Technická univerzita Ostrava	
ZN.MAT.				HMOTNOST kg	MÉR.
ROZM.POLOT.	260x240x30			10 Kg	1:2
POM.ZAŘ.				ČSN	TR.Č.
VYPR. Moch Tomáš	NORM.REF.			POZN.	Č. KUSOVNÍKU
PŘEZK.					
TECHNOL.	SCHVÁLIL	20.3.2020		STARÝ V.	Č.V.
NÁZEV	Přípravek pro 16ks			Přípravek pro 95194365	
				Listů	List

Obrázek 5.6 – Výkres desky přípravku číslo 1

Způsob upnutí polotovarů

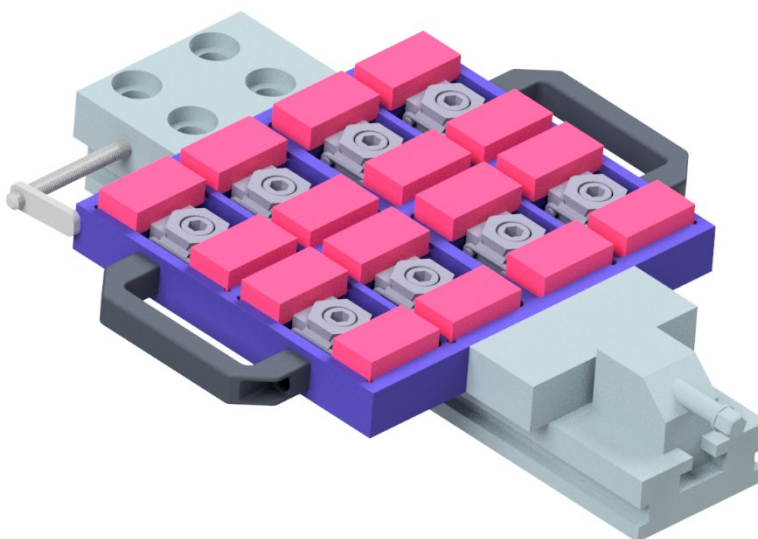
U přípravku číslo 1 se polotovary upínají rovnou 2 najednou. Nařezané polotovary vložíme do přípravu, dotlačíme na odlehčený roh viz. oranžové šipky. Následně dotáhneme rozpěrný klínový upínač imbusovým klíčem.



Obrázek 5.8 – Schéma upínání polotovarů – přípravek 1

Upnutí přípravku v obráběcím centru

Samotný přípravek upínáme do svěráku se stavitelným bočním dorazem, který nám zajistí pokaždé stejnou polohu. Jelikož se díl obrábí ze všech stran a důležité prvky dílu najednou, tak není nutno vymýšlet přesnější ustavovací systém.



Obrázek 5.9 – Schéma upínání přípravku číslo 1

Nulové body budou v ose X na bočním dorazu, v ose Y na pevné čelisti svěráku a v ose Z na horní ploše polotovaru.

Přípravek pro operaci 1 – varianta číslo 2

Upínací prvek

Upínacím prvkem u varianty číslo 2 je excentrický upínací šroub s šestihranem od výrobce Kipp, j jejichž českým zastoupením je firma Marek INDUSTRIAL a.s. Upínací síla je vyvozena dotahováním excentrického šroubu s vnitřním šestihranem uloženým v mosazi.

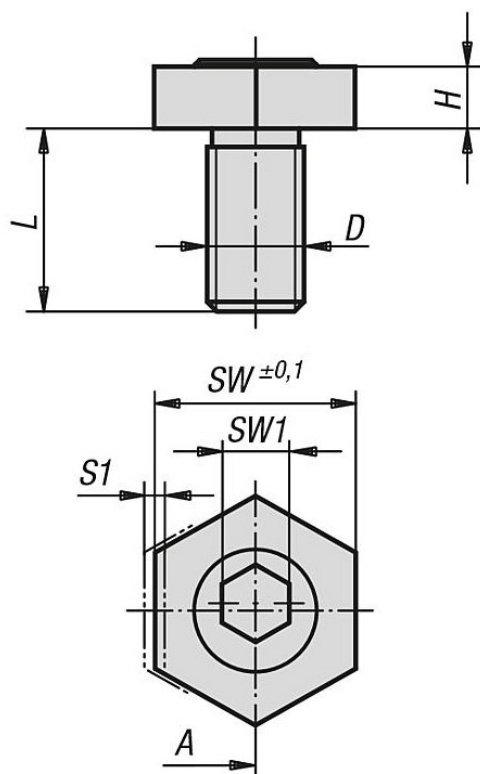


Obrázek 5.10 – Excentrický upínací šroub s šestihranem [8]

Pro naše použití jsem použil variantu s největší upínací silou. Jedná se o K0025.16 s šroubem M16 a maximální upínací silou 27 [kN].

Tabulka 5.2 – Varianty excentrických upínacích šroubů s šestihrane od firmy Kipp

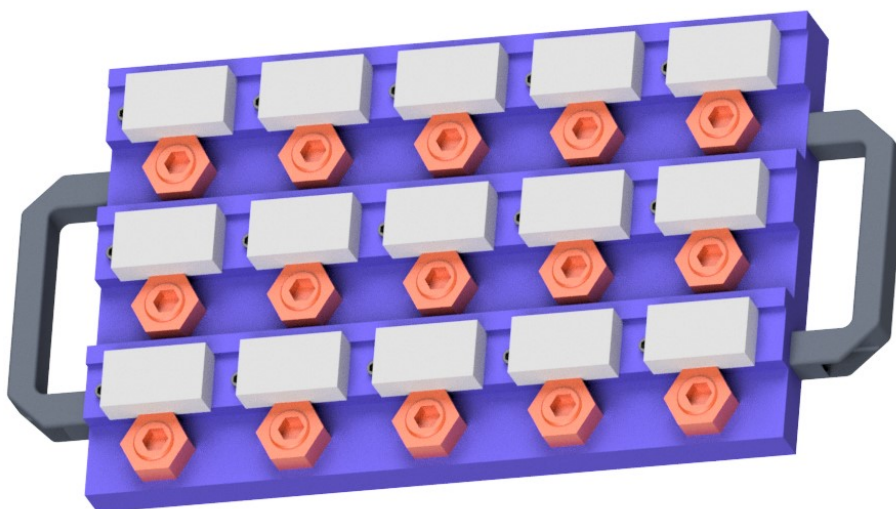
Varianta	Základní cena bez DPH	3D	A	D	H	L	SW	SW1	S1 (upínací drážka)	Upínací síla (kN)	Moment utažení max. Nm
K0026.04	133,20 Kč	3D	3,8 mm	M4	2,8 mm	10	8	3	0,8	0,9	2,2
K0026.06	141,90 Kč	3D	7,8 mm	M6	4,8 mm	12	16	4	1	3,4	8,5
K0026.08	177,90 Kč	3D	10,2 mm	M8	4,8 mm	15	20,6	5	1	3,6	11,3
K0026.10	160,10 Kč	3D	10,2 mm	M10	6,4 mm	20	20,6	7	1,6	9,0	28,06
K0026.12	222,10 Kč	3D	12,7 mm	M12	9,5 mm	25	25,4	8	2	18,0	88
K0026.16	331,10 Kč	3D	15 mm	M16	12,7 mm	30	30,2	12	2,5	27,0	135



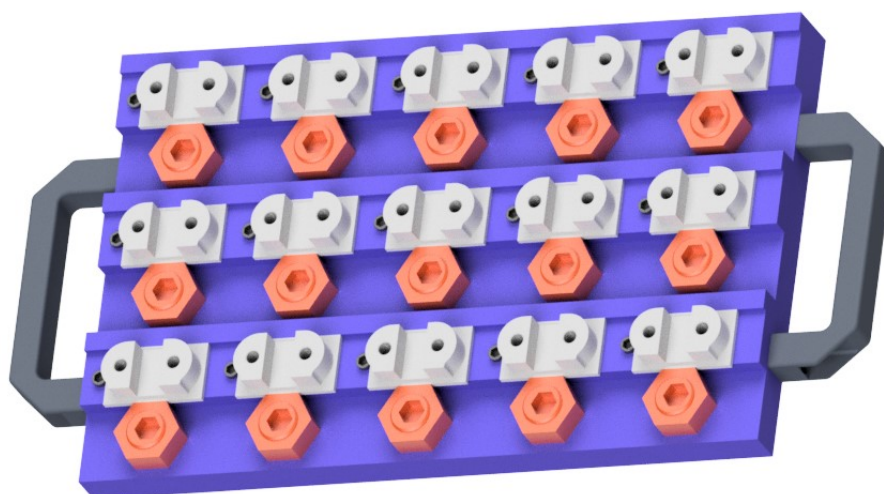
Obrázek 5.11 – Excentrický upínací šroub – technické parametry



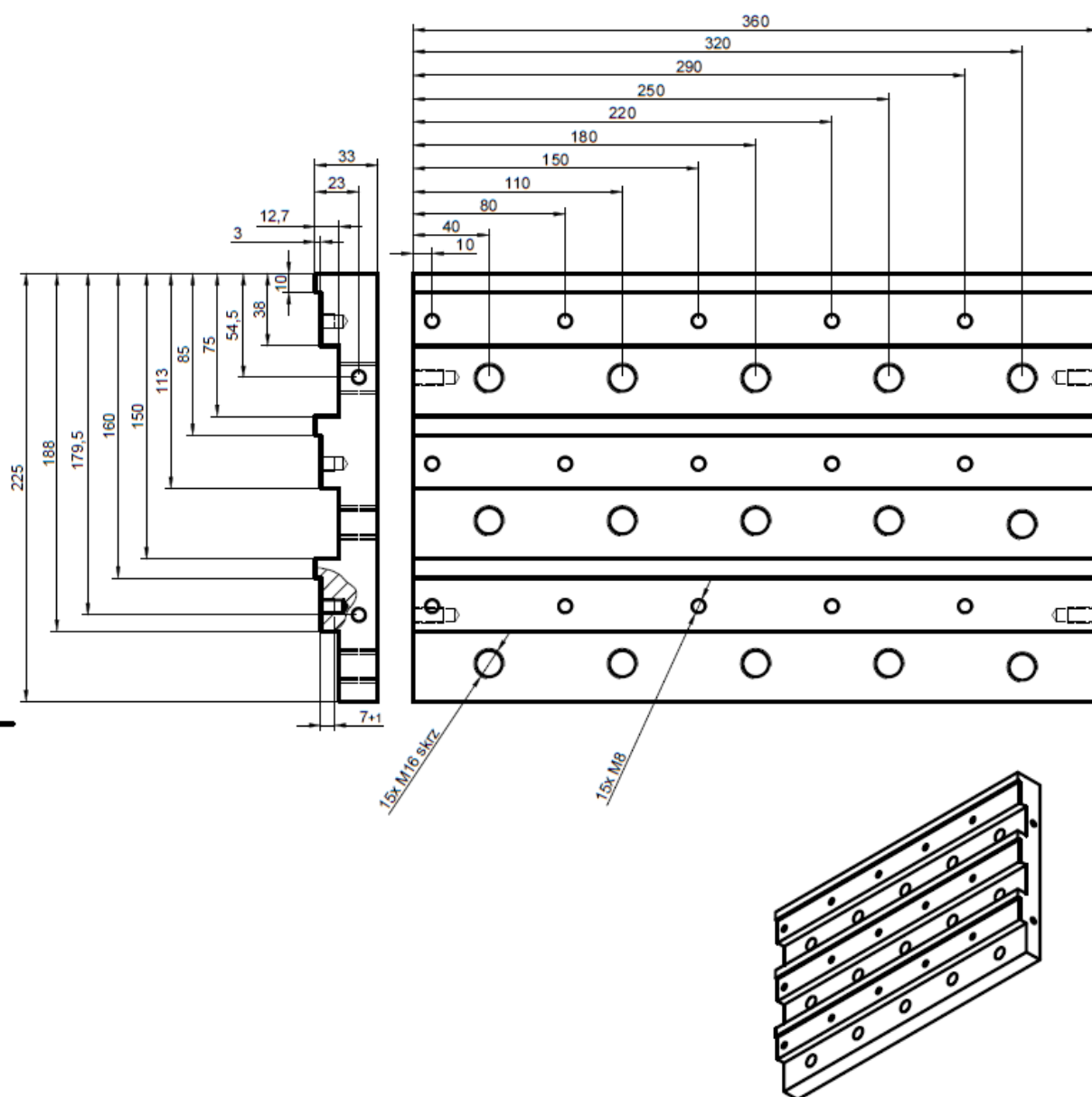
Obrázek 5.12 – Model desky přípravku číslo 2



Obrázek 5.13 – Model přípravku číslo 2 osazený rukojetěmi, excentrickými upínači a polotovary

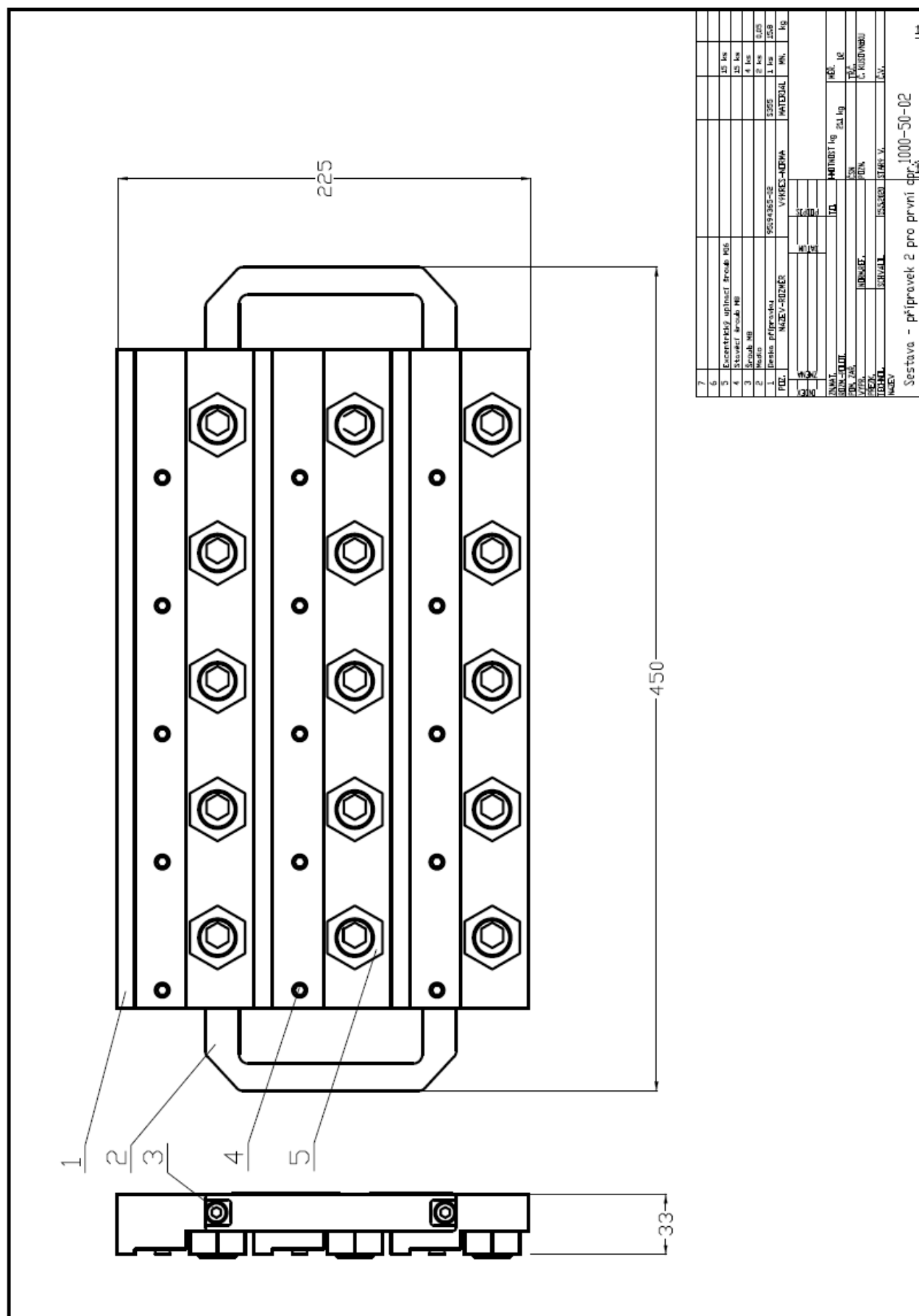


Obrázek 5.14 – Model přípravku číslo 2 osazený rukojetěmi, excentrickými upínači a frézovanými díly



INDEX	ZMENA	DATUM	PODPIS	VŠB - Technická univerzita Ostrava		
ZN.MAT.			T.O.	HMOTNOST kg	15,8 Kg	MĚŘ. 1:2
ROZM.-POLOT. 260x240x30				ČSN		TŘ.Č.
POM. ZAŘ.				POZN.		Č. KUSOVNÍKU
VYPR. Moch Tomáš			NORM.REF.			
PŘEZK.						
TECHNOL.			SCHVÁLIL	20.3.2020	STARÝ V.	Č.V.
NÁZEV				Přípravek pro 95194365		
Deska přípravku verze 2 - pro 15ks				Listů		List

Obrázek 5.15 – Výkres desky přípravku číslo 2

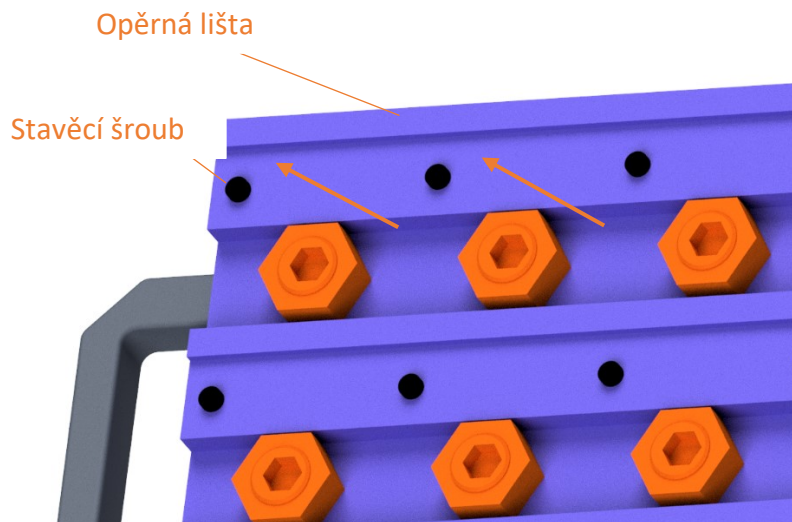


Obrázek 5.16 – Sestava přípravku číslo 2

Způsob upnutí a seřízení

Způsob upnutí polotovarů

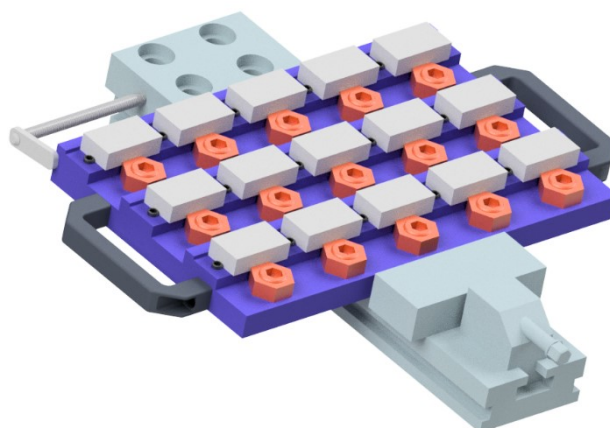
U přípravku číslo 2 se polotovary dotlačí na opěrnou lištu a stavěcí šroub. Následně se dotáhne excentrický upínací šroub imbusovým klíčem.



Obrázek 5.17 – Schéma upínání polotovarů – přípravek 1

Upnutí přípravku v obráběcím centru

Samotný přípravek upínáme do svěráku se stavitelným bočním dorazem, který nám zajistí pokaždé stejnou polohu. Jelikož se díl obrábí ze všech stran a důležité prvky dílu najednou, tak není nutno vymýšlet přesnější ustavovací systém.



Obrázek 5.18 – Schéma upnutí přípravku číslo 2

Ekonomické zhodnocení přípravků pro první operaci

Cena přípravku číslo 1

Deska přípravku číslo 1

Cena polotovaru – výpalek z oceli S355 265x340 tloušťky 35 mm

Cena - 968 Kč/ks

Samotné frézování přípravu v naší firmě vyjde na 2 550 Kč/ks

Cena $_{\text{přípravku}} = 3518 \text{ Kč/ks}$

Nakupované díly do přípravku:

Madla

V internetovém obchodě ONPIRA stojí jedno madlo požadovaného rozměru 27 Kč. Na přípravek potřebuji 2ks madla.

Cena $_{\text{madla}} = 27 \text{ Kč/ks}$

Cena $_{\text{madel}} = \text{Cena}_{\text{madla}} \cdot 2 = 27 \cdot 2 = 54 \text{ Kč}$

(1)

Klínové rozpěrné upínače

Na desce přípravku se nachází celkem 8 ks upínačů. Cena u firmy Haberkorn je 4753 Kč/ks.

Cena $_{\text{upínače}} = 4753 \text{ Kč/ks}$

Cena $_{\text{upínačů}} = \text{Cena}_{\text{upínače}} \cdot 8 = 4753 \cdot 8 = 38\,024 \text{ Kč}$

(2)

Celková cena přípravku číslo 1

$\text{Cena}_{\text{přípravku}_1} = \text{Cena}_{\text{upínačů}} + \text{Cena}_{\text{madel}} + \text{Cena}_{\text{přípravku}}$

$\text{Cena}_{\text{přípravku}_1} = 38024 + 54 + 3518 = 41596 \text{ Kč}$

(3)

Cena přípravku číslo 2

Deska přípravku číslo 2

Cena polotovaru – výpalek z oceli S355 365x230 265x340 tloušťky 35 mm

Cena - 1255 Kč/ks

Samotné frézování přípravu v naší firmě vyjde na 1 850 Kč/ks

$Cena_{výroby_připravku_2} = 3\,105 \text{ Kč/ks}$

Nakupované díly do přípravku:

Madla

V internetovém obchodě ONPIRA stojí jedno madlo požadovaného rozměru 27 Kč. Na přípravek potřebuji 2ks madla.

$Cena_{madla} = 27 \text{ Kč/ks}$

$Cena_{madel} = Cena_{madla} \cdot 2 = 27 \cdot 2 = 54 \text{ Kč}$

(4)

Excentrické upínací šrouby s šestihranem

Na desce přípravku se nachází celkem 15 ks excentrických upínačů. Cena u Marek INDUSTRIAL je 331 Kč/ks.

$Cena_{upínače_ex} = 331 \text{ Kč/ks}$

$Cena_{upínačů_ex} = Cena_{upínače_ex} \cdot 15 = 331 \cdot 8 = 2\,648 \text{ Kč}$

(5)

Celková cena přípravku číslo 2

$Cena_{připravku_2} = Cena_{upínačů} + Cena_{madel} + Cena_{výroby_připravku_2}$

$Cena_{připravku_2} = 2\,648 + 54 + 3\,105 = 5\,807 \text{ Kč}$

(6)

Porovnání přípravků

Tabulka 5.3 – Porovnání variant přípravků

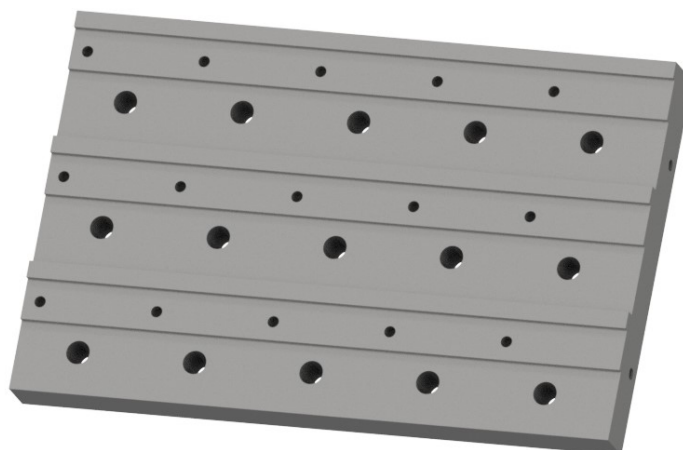
	Přípravek číslo 1	Přípravek číslo 2
Počet upínaných dílů [ks]	16	15
Upínací síla upínačů [kN]	30	27
Celková hmotnost [kg]	15,8	21,1
Celková cena přípravku [kč]	41 596	5 807

Z porovnávací tabulky vyplývá, že přípravek číslo 1 je o něco lepší v počtu obráběných dílů, upínací síle i hmotnosti. Ovšem celková cena toho přípravku je 7 násobná oproti variantě číslo 2.

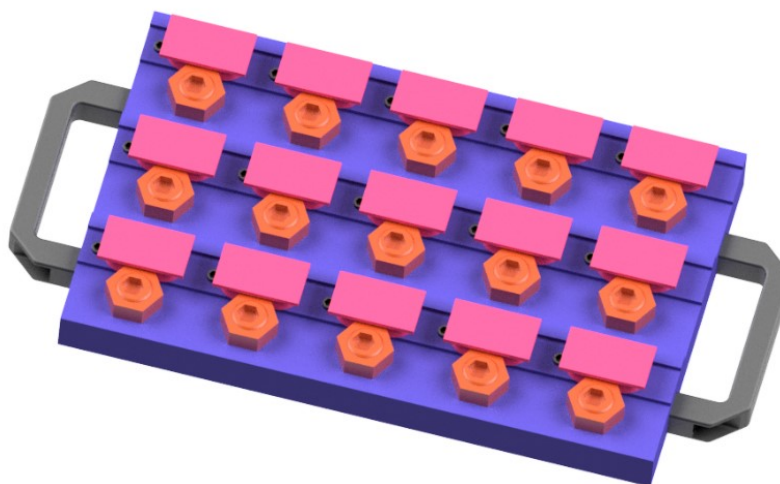
Proto volíme upínací přípravek číslo 2, který je díky nízké ceně pro nás mnohem výhodnější.

Přípravek pro operaci 2

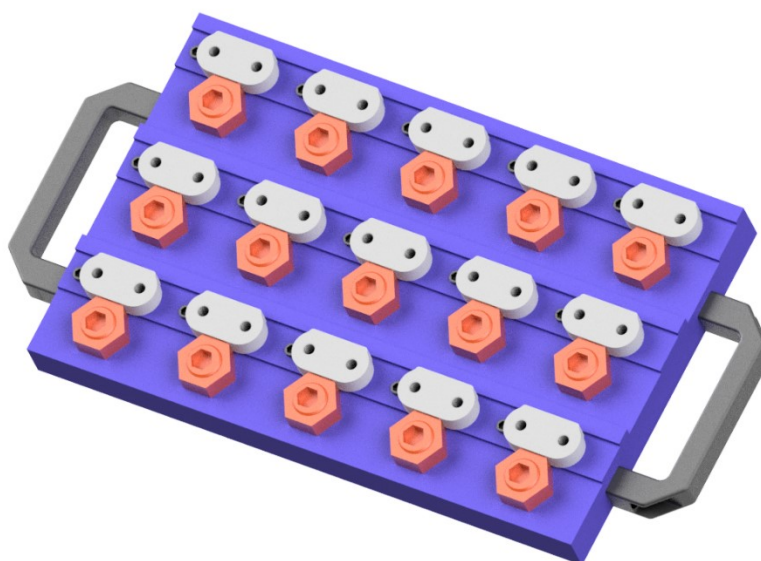
Při navrhování přípravku na druhou operaci vycházíme z druhé varianty přípravku na první operaci. Tato varianta je výhodnější z důvodu jednoduché výroby a levným upínacím prvům.



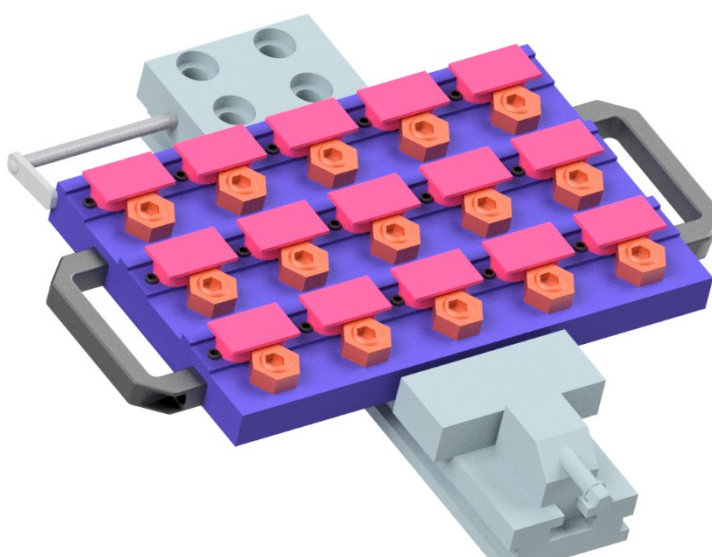
Obrázek 5.19 – Model přípravku pro druhou operaci



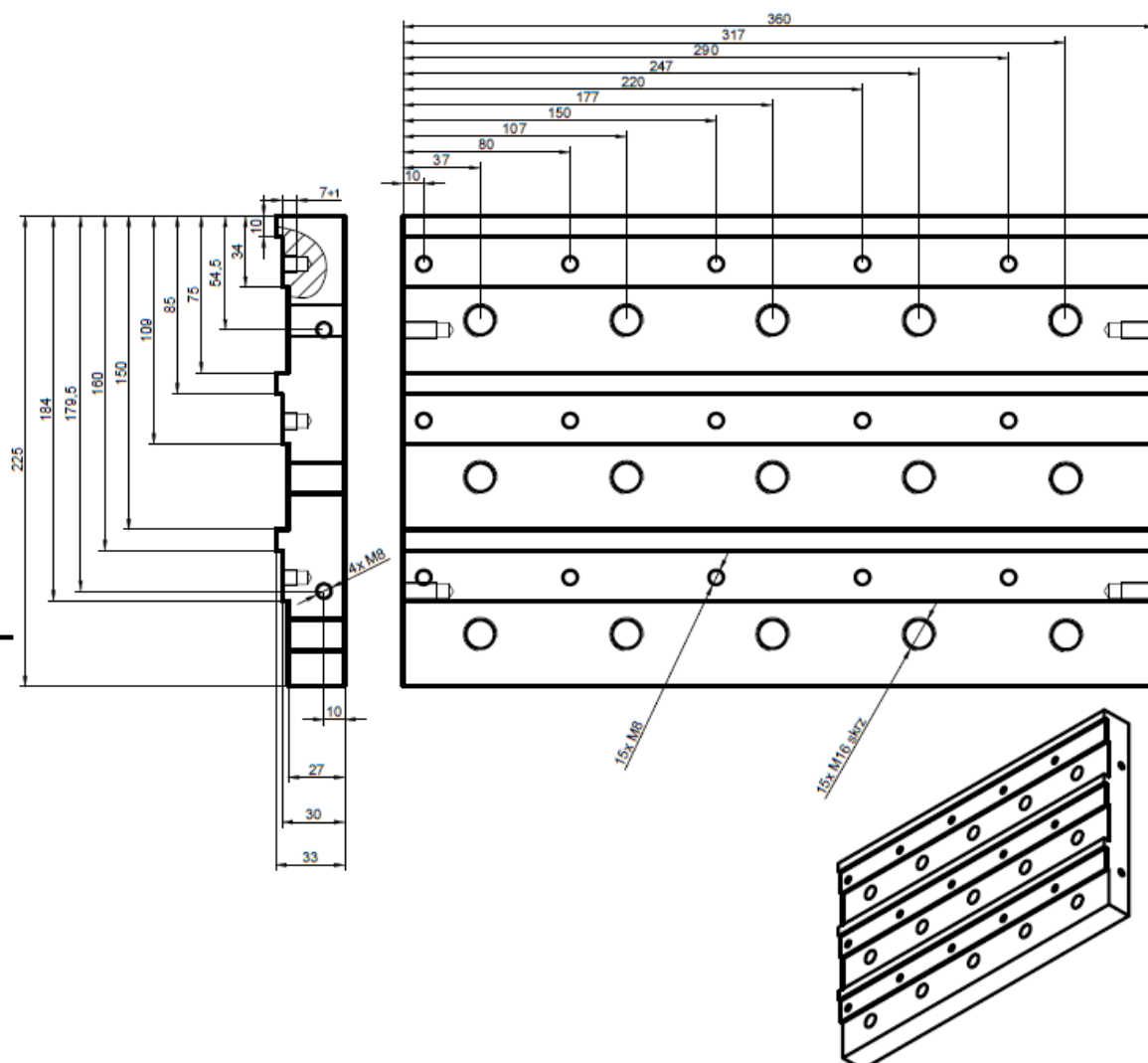
Obrázek 5.20 – Model přípravku číslo 2 s rozpracovanými díly



Obrázek 5.21 – Model přípravku pro druhou operaci – obrobenými díly



Obrázek 5.22 – Schéma upnutí přípravku pro druhou operaci



INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS	VŠB - Technická univerzita Ostrava	
ZN.MAT.			T.O.	HMOTNOST kg	MĚŘ.
ROZM.-POLOT.	260x240x30			17,7 Kg	1:2
POM. ZAŘ.				ČSN	TR.Č.
VYPR. Moch Tomáš	NORM.REF.			POZN.	Č. KUSOVNÍKU
PŘEZK.					
TECHNOL.	SCHVÁLIL	20.3.2020	STARÝ V.	Č.V.	
NÁZEV	Deska přípravku operace 2			Přípravek pro 95194365	
				Listů	List

Obrázek 5.23 – Výkres desky přípravku pro druhou operaci

Ekonomické zhodnocení přípravků pro druhou operaci

Přípravek pro druhou operaci obsahuje stejné prvky jako přípravek číslo 2 pro operaci první. Rozdíly jsou jen v posunutí jednotlivých děr a hloubce vybrání. Proto je konečná cena přípravku shodná s předešlým.

$$Cena_{\text{přípravku}_\text{opr2}} = 5\,807 \text{ Kč}$$

Kontrola potřebné upínací síly

Kontrolu potřebné upínací síly kontroluji u rovinné frézy, která provádí hrubování vrchní plochy a vznikají tam největší síly.

Teoretický výpočet sil

Úhel φ vypočítáme na základě vzorce:

$$\varphi = 2 \arcsin \frac{B}{D} = 2 \arcsin \frac{30}{63} = 57^\circ \quad (7)$$

Posuv na zub $f_z = 0,2$

Hodnoty měrné řezné síly k_{c1} a exponent mc z technické příručky Sandvik Coromant [9].

$$k_{c1} = 1500$$

$$mc = 0,25$$

Celková síla F_c se stanoví dle:

$$\begin{aligned} F_c &= k_{c1} \cdot a_p \cdot f_z^{(1-mc)} \cdot \sin \kappa_r^{-mc} \cdot \sin \varphi^{(1-mc)} = \\ &= 1500 \cdot 1 \cdot 0,2^{(1-0,25)} \cdot \sin 45^{(-0,25)} \cdot \sin 57,038^{(1-0,25)} = \\ &= 429 \text{ N} \end{aligned} \quad (8)$$

Podmínka bezpečného upnutí:

Dle katalogu výrobce excentrických upínacích šroubů je maximální upínací síla 28 000 N.

$$F_u = 28\,000 \text{ N}$$

$$F_u \geq F_c$$

$$28\,000 \geq 429 \rightarrow \text{PODMÍNKA SPLNĚNA}$$

6. Počítačová podpora při výrobě dané součásti

V naší firmě už používáme přes dva roky program Fusion 360 od firmy Autodesk. Kvalitní CAM systém je v dnešní době nutností, kvůli udržení konkurence schopnosti a kvality výroby.

Fusion 360



Obrázek 6.1 – Logo Fusion 360

Pro odzkoušení CAD/CAMu Fusion 360 jsme se rozhodli z důvodu jeho zkušební verze, která je zdarma a obsahovala námi používaný řídicí systém. Proto jsme mohli hned odzkoušet, jestli nám tento program bude uživatelsky, tak i systémově vyhovovat.

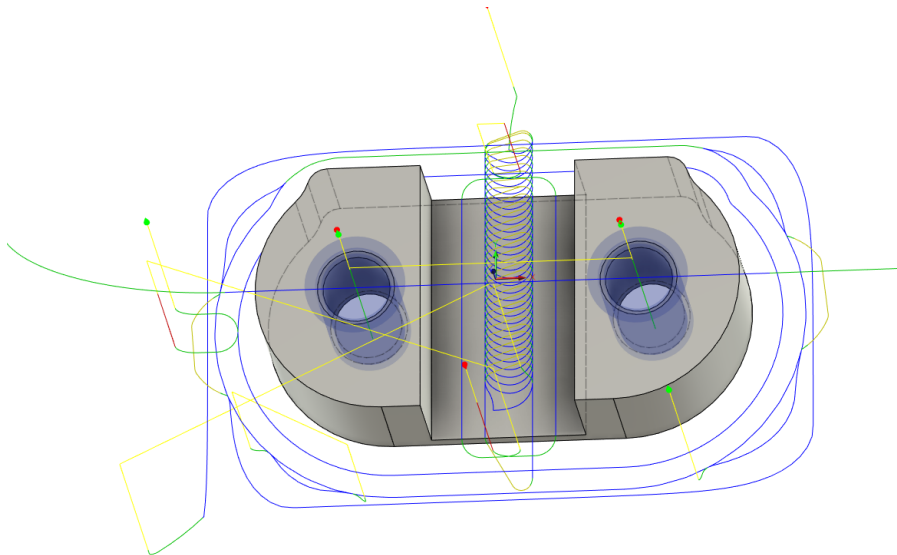
Pro mě je jednoznačně velkou výhodou, že se jedná o cloudový program, takže si můžu doma na svém notebooku dokončit práci, kterou jsem nechal rozdělanou v kanceláři na PC, pouze se stačí přihlásit a můžu pokračovat tam kde jsem skončil. Nevýhodou tady může být nutnost být neustále připojen k internetu.

Jelikož se jedná o software od firmy Autodesk je ovládání velice podobné AutoCadu nebo Inventoru.

Nastavení obrábění ve Fusion 360

První operace

Do programu Fusion 360 jsem nastavil zvolené nástroje technologického postupu včetně jejich řezných podmínek.

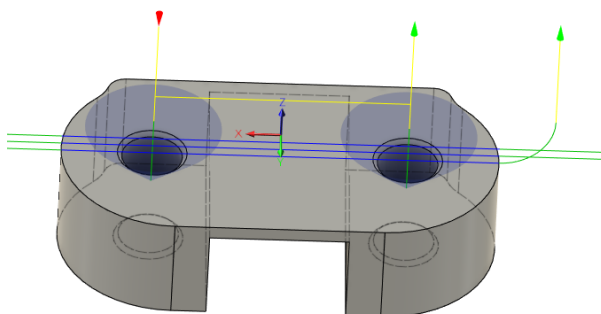


Obrázek 6.2 –Výsledné dráhy nástrojů v programu Fusion 360 pro operaci 1

Doba obrábění jednoho dílu dle programu Fusion 360 je 4 minut a 10 vteřin. Na jednom přípravku máme upnuto celkem 16 dílů, takže výsledný čas obrábění jednoho přípravku je 1 hodina 6 minut a 40 vteřin. Doba výměny přípravku za druhý přípravek zabere obsluze maximálně 2 minuty. Takže celkový čas na jeden kus je 4 minuty a 18 vteřin.

Druhá operace

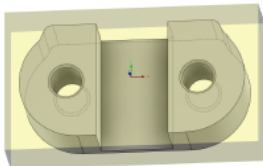
V druhé operaci dojde k ofrézování zbytkového materiálu a sražení závitu z druhé strany. Celková doba obrábění dle CAMu je 57 vteřin.



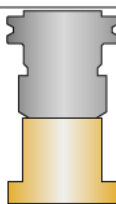
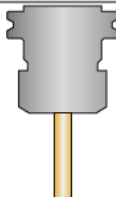
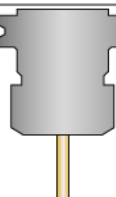
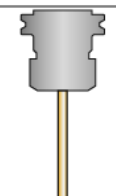
Obrázek 6.3 –Výsledné dráhy nástrojů v programu Fusion 360 pro operaci 2

Serizovací list pro program 1001

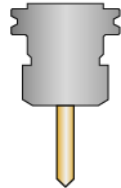
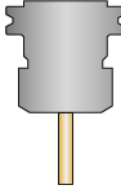
POPIS PROJEKTU: Setup1
CESTA DOKUMENTU: díl 95194365

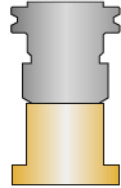
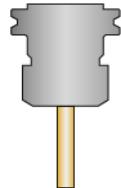
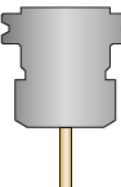
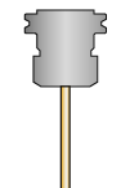
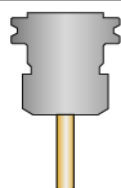
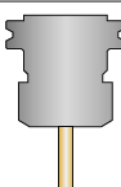
Setup	
<p>POČATEK: #0</p> <p>POLOTOVAR: DX: 54mm DY: 31mm DZ: 13mm</p> <p>DIL: DX: 48mm DY: 25mm DZ: 12mm</p> <p>SPODEK POLOTOVARU OD POČATKU #0: X: -27mm Y: -15.5mm Z: -13mm</p> <p>VRSEK POLOTOVARU OD POČATKU #0: X: 27mm Y: 15.5mm Z: 0mm</p>	

Celkem
<p>POČET OPERACÍ: 6</p> <p>POČET NASTROJŮ: 6</p> <p>NASTROJE: T1 T2 T3 T4 T5 T6</p> <p>MAX. Z: 19mm</p> <p>MIN. Z: -16.5mm</p> <p>MAX. POSUV: 1990mm/min</p> <p>MAX. OTÁČKY VRETENE: 7958ot/min</p> <p>DELKA OBRABENÍ: 1126.92mm</p> <p>DELKA RYCHLOPOSUVU: 596.75mm</p> <p>ODHADOVANÝ ČAS CYKLU: 4m:10s</p>

Nastroje			
<p>T1 D1 L1</p> <p>Typ: face mill</p> <p>PRUMER: 63mm</p> <p>DELKA: 50mm</p> <p>BRITY: 3</p>	<p>MIN. Z: -1mm</p> <p>MAX. POSUV: 1200mm/min</p> <p>MAX. OTÁČKY VRETENE: 1000ot/min</p> <p>DELKA OBRABENÍ: 151.48mm</p> <p>DELKA RYCHLOPOSUVU: 0mm</p> <p>ODHADOVANÝ ČAS CYKLU: 8s (3%)</p>	<p>DRŽAK: Maritool CAT40-ER32-2.35</p> <p>DODAVATEL: Maritool</p> <p>PRODUCT: CAT40-ER32-2.35</p>	
<p>T2 D2 L2</p> <p>Typ: flat end mill</p> <p>PRUMER: 10mm</p> <p>DELKA: 50mm</p> <p>BRITY: 3</p>	<p>MIN. Z: -13mm</p> <p>MAX. POSUV: 510mm/min</p> <p>MAX. OTÁČKY VRETENE: 2550ot/min</p> <p>DELKA OBRABENÍ: 548.61mm</p> <p>DELKA RYCHLOPOSUVU: 261.49mm</p> <p>ODHADOVANÝ ČAS CYKLU: 1m:8s (27%)</p>	<p>DRŽAK: Maritool CAT40-ER32-2.35</p> <p>DODAVATEL: Maritool</p> <p>PRODUCT: CAT40-ER32-2.35</p>	
<p>T3 D3 L3</p> <p>Typ: flat end mill</p> <p>PRUMER: 6mm</p> <p>DELKA: 33mm</p> <p>BRITY: 3</p>	<p>MIN. Z: -13mm</p> <p>MAX. POSUV: 318mm/min</p> <p>MAX. OTÁČKY VRETENE: 7958ot/min</p> <p>DELKA OBRABENÍ: 289.83mm</p> <p>DELKA RYCHLOPOSUVU: 124.25mm</p> <p>ODHADOVANÝ ČAS CYKLU: 1m:13s (29.2%)</p>	<p>DRŽAK: Maritool CAT40-ER32-2.35</p> <p>DODAVATEL: Maritool</p> <p>PRODUCT: CAT40-ER32-2.35</p>	
<p>T4 D4 L4</p> <p>Typ: drill</p> <p>PRUMER: 6.8mm</p> <p>UHĚL SPÍČKY: 118°</p> <p>DELKA: 88.4mm</p> <p>BRITY: 3</p>	<p>MIN. Z: -16.5mm</p> <p>MAX. POSUV: 712mm/min</p> <p>MAX. OTÁČKY VRETENE: 4750ot/min</p> <p>DELKA OBRABENÍ: 42mm</p> <p>DELKA RYCHLOPOSUVU: 92mm</p> <p>ODHADOVANÝ ČAS CYKLU: 5s (1.9%)</p>	<p>DRŽAK: Maritool CAT40-ER32-2.35</p> <p>DODAVATEL: Maritool</p> <p>PRODUCT: CAT40-ER32-2.35</p>	

Obrázek 6.4 – Seřizovací list operace 1 - strana 1

T5 D5 L5 Typ: chamfer mill PRUMER: 10mm UHĚL UKOSU: 45° DELKA: 50mm BRITY: 3	MIN. Z: -5mm MAX. POSUV: 316.667mm/min MAX. OTACKY VRETENE: 4774ot/min DELKA OBRABENI: 19mm DELKA RYCHLOPOSUVU: 69mm ODHADOVANÝ CAS CYKLU: 4s (1.8%)	DRZAK: Maritool CAT40-ER32-2.35 DODAVATEL: Maritool PRODUCT: CAT40-ER32-2.35	
T6 D6 L6 Typ: right hand tap PRUMER: 8mm DELKA: 40mm BRITY: 3	MIN. Z: -14.5mm MAX. POSUV: 1990mm/min MAX. OTACKY VRETENE: 1592ot/min DELKA OBRABENI: 76mm DELKA RYCHLOPOSUVU: 50mm ODHADOVANÝ CAS CYKLU: 3s (1.2%)	DRZAK: Maritool CAT40-ER32-2.35 DODAVATEL: Maritool PRODUCT: CAT40-ER32-2.35	

Operations			
Operace 1/6 POPIS: Face1 STRATEGIE: Celni POCATEK: #0 TOLERANCE: 0.01mm MAX. STRANOVY KROK: 59.85mm	MAX. Z: 19mm MIN. Z: -1mm MAX. OTACKY VRETENE: 1000ot/min MAX. POSUV: 1200mm/min DELKA OBRABENI: 151.48mm DELKA RYCHLOPOSUVU: 0mm ODHADOVANÝ CAS CYKLU: 8s (3%) CHLAZENI: Vypnuto	T1 D1 L1 Typ: face mill PRUMER: 63mm DELKA: 50mm BRITY: 3	
Operace 2/6 POPIS: 2D Adaptive1 STRATEGIE: 2D Adaptivni POCATEK: #0 TOLERANCE: 0.1mm PRIDAVEK: 0.3mm/0mm OPTIMAL LOAD: 4mm LOAD DEVIATION: 0.4mm	MAX. Z: 15mm MIN. Z: -13mm MAX. OTACKY VRETENE: 2550ot/min MAX. POSUV: 510mm/min DELKA OBRABENI: 548.61mm DELKA RYCHLOPOSUVU: 261.49mm ODHADOVANÝ CAS CYKLU: 1m:8s (27%) CHLAZENI: Kapalina	T2 D2 L2 Typ: flat end mill PRUMER: 10mm DELKA: 50mm BRITY: 3	
Operace 3/6 POPIS: 2D Contour1 STRATEGIE: 2D Kontura POCATEK: #0 TOLERANCE: 0.01mm PRIDAVEK: 0mm MAX. STRANOVY KROK: 5.7mm	MAX. Z: 15mm MIN. Z: -13mm MAX. OTACKY VRETENE: 7958ot/min MAX. POSUV: 318mm/min DELKA OBRABENI: 289.83mm DELKA RYCHLOPOSUVU: 124.25mm ODHADOVANÝ CAS CYKLU: 1m:13s (29.2%) CHLAZENI: Kapalina	T3 D3 L3 Typ: flat end mill PRUMER: 6mm DELKA: 33mm BRITY: 3	
Operace 4/6 POPIS: Drill1 STRATEGIE: Vrtani POCATEK: #0 TOLERANCE: 0.01mm	MAX. Z: 15mm MIN. Z: -16.5mm MAX. OTACKY VRETENE: 4750ot/min MAX. POSUV: 712mm/min DELKA OBRABENI: 42mm DELKA RYCHLOPOSUVU: 92mm ODHADOVANÝ CAS CYKLU: 5s (1.9%) CHLAZENI: Kapalina	T4 D4 L4 Typ: drill PRUMER: 6.8mm UHĚL SPICKY: 118° DELKA: 88.4mm BRITY: 3	
Operace 5/6 POPIS: Drill2 STRATEGIE: Vrtani POCATEK: #0 TOLERANCE: 0.01mm	MAX. Z: 15mm MIN. Z: -5mm MAX. OTACKY VRETENE: 4774ot/min MAX. POSUV: 316.667mm/min DELKA OBRABENI: 19mm DELKA RYCHLOPOSUVU: 69mm ODHADOVANÝ CAS CYKLU: 4s (1.8%) CHLAZENI: Kapalina	T5 D5 L5 Typ: chamfer mill PRUMER: 10mm UHĚL UKOSU: 45° DELKA: 50mm BRITY: 3	
Operace 6/6 POPIS: Drill3 STRATEGIE: Vrtani POCATEK: #0 TOLERANCE: 0.01mm	MAX. Z: 15mm MIN. Z: -14.5mm MAX. OTACKY VRETENE: 1592ot/min MAX. POSUV: 1990mm/min DELKA OBRABENI: 76mm DELKA RYCHLOPOSUVU: 50mm ODHADOVANÝ CAS CYKLU: 3s (1.2%) CHLAZENI: Kapalina	T6 D6 L6 Typ: right hand tap PRUMER: 8mm DELKA: 40mm BRITY: 3	

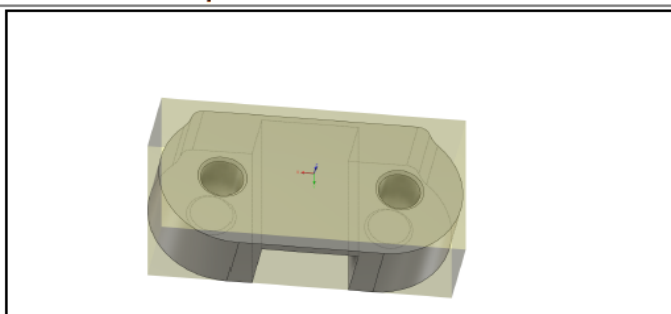
Obrázek 6.5 – Seřizovací list operace 1 - strana 2

Serizovací list pro program 1001

POPIS PROJEKTU: Setup1
CESTA DOKUMENTU: díl 95194365

Setup

POCATEK: #0
POLOTOVAR:
DX: 48mm
DY: 25mm
DZ: 15mm
Díl:
DX: 48mm
DY: 25mm
DZ: 12mm
SPODEK POLOTOVARU OD POCATKU #0:
X: -24mm
Y: -12.5mm
Z: -15mm
VRSEK POLOTOVARU OD POCATKU #0:
X: 24mm
Y: 12.5mm
Z: 0mm



Celkem

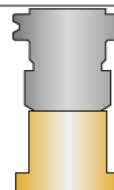
POCET OPERACI: 2
POCET NASTROJU: 2
NASTROJE: T1 T5
MAX. Z: 15mm
MIN. Z: -7mm
MAX. POSUV: 1200mm/min
MAX. OTACKY VRETENE: 4774ot/min
DELKA OBRABENI: 334.85mm
DELKA RYCHLOPOSUVU: 101mm
ODHADOVANY CAS CYKLU: 57s

Nastroje

T1 D1 L1

Typ: face mill
PRUMER: 60mm
DELKA: 50mm
BRITY: 3
MIN. Z: -3mm
MAX. POSUV: 1200mm/min
MAX. OTACKY VRETENE: 1000ot/min
DELKA OBRABENI: 317.85mm
DELKA RYCHLOPOSUVU: 22mm
ODHADOVANY CAS CYKLU: 16s (28.5%)

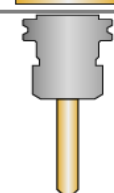
DRZAK: Maritool CAT40-ER32-2.35
DODAVATEL: Maritool
PRODUCT: CAT40-ER32-2.35



T5 D5 L5

Typ: chamfer mill
PRUMER: 15mm
UHEL UKOSU: 45°
DELKA: 75mm
BRITY: 3
MIN. Z: -7mm
MAX. POSUV: 105.333mm/min
MAX. OTACKY VRETENE: 4774ot/min
DELKA OBRABENI: 17mm
DELKA RYCHLOPOSUVU: 79mm
ODHADOVANY CAS CYKLU: 11s (18.7%)

DRZAK: Maritool CAT40-ER32-2.35
DODAVATEL: Maritool
PRODUCT: CAT40-ER32-2.35



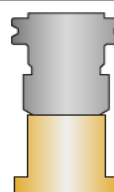
Operations

Operace 1/2

POPIS: Face1
STRATEGIE: Celni
POCATEK: #0
TOLERANCE: 0.01mm
MAX. KROK DOLU: 1mm
MAX. STRANOVY KROK: 57mm
MAX. Z: 15mm
MIN. Z: -3mm
MAX. OTACKY VRETENE: 1000ot/min
MAX. POSUV: 1200mm/min
DELKA OBRABENI: 317.85mm
DELKA RYCHLOPOSUVU: 22mm
ODHADOVANY CAS CYKLU: 16s (28.5%)
CHLAZENI: Vypnuto

T1 D1 L1

Typ: face mill
PRUMER: 60mm
DELKA: 50mm
BRITY: 3

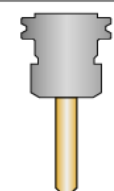


Operace 2/2

POPIS: Drill1
STRATEGIE: Vrtani
POCATEK: #0
TOLERANCE: 0.01mm
MAX. Z: 15mm
MIN. Z: -7mm
MAX. OTACKY VRETENE: 4774ot/min
MAX. POSUV: 105.333mm/min
DELKA OBRABENI: 17mm
DELKA RYCHLOPOSUVU: 79mm
ODHADOVANY CAS CYKLU: 11s (18.7%)
CHLAZENI: Kapalina

T5 D5 L5

Typ: chamfer mill
PRUMER: 15mm
UHEL UKOSU: 45°
DELKA: 75mm
BRITY: 3



Obrázek 6.6 – Seřizovací list operace 2

7. Ekonomické zhodnocení navrženého postupu výroby

Celková cena výrobku se skládá z několika položek.

1. Přípravek
2. Cena nástrojů
3. Materiál
4. Řezání materiálu
5. Frézování dílu

Přípravek pro obrábění je z důvodu rychlé výměny nutno vyrobit hned dvakrát. Jeden přípravek bude v obráběcím centru a na druhém bude obsluha vyměňovat polotovary a kontrolovat hotové díly.

$$Cena_{přípravku_2} = 5\,807 \text{ Kč}$$

$$Cena_{přípravku_pro_2operaci} = 5\,807 \text{ Kč}$$

$$\begin{aligned} Cena_{přípravků} &= Cena_{přípravku_2} \cdot 2 + Cena_{přípravku_pro_2operaci} \cdot 2 = \\ &= 5\,807 \cdot 2 + 5\,807 \cdot 2 = 23\,228 \end{aligned}$$

(9)

$$Cena_{prip_ks} = \frac{Cena_{přípravků}}{K_{S_{Cel}}} = \frac{23\,228}{10\,000} = 2,32$$

(10)

Při rozpočtení nákladů na výrobu přípravku do celkového počtu kusů se dostaneme na náklady 1,16 Kč/ks.

Materiál

Naším dodavatelem hutního materiálu je firma Feron, ta nám nabídla dodání taženého ploché tyče za 101 Kč/m. Z jednoho metru tažené ploché tyče nám vyjde vyrobit 18 ks přířezů polotovaru.

Cena za materiál

$$Cena_{mat} = \frac{Cena_{tyce}}{Ks_{z_{tyce}}} = \frac{101}{18} = 5,6$$

(11)

Dělení materiálu

Hodinová sazba pásové pily $Sazba_{pily} = 350$ Kč/hod. Jeden řez na pásové pile trvá 1 minutu, za kterou se celkově uřeže 2 kusy polotovaru.

Cena řezání:

Počet nařezaných kusů za hodinu

$$Ks_{rez_{hod}} = Ks_{rezu_{hod}} \cdot Ks_{rez_{najednou}} = 60 \cdot 2 = 120$$

(12)

Cena jednoho nařezaného kusu

$$Cena_{řez} = \frac{Sazba_{pily}}{Ks_{řez_{hod}}} = \frac{350}{120} = 2,9$$

(13)

Frézování dílu

Frézování první operace v obráběcím centru trvá jeden díl 4 minuty a 18 vteřin i s výměnou přípravku. Za hodinu tedy vyrobíme 13 dílů. Cenu za jeden kus počítám s hodinovou sazbou 700 Kč/hod na 3 osém frézovacím centru.

$$Cena_{CNC_{opr1}} = \frac{Sazba_{CNC}}{Ks_{CNC_{hod}}} = \frac{700}{13} = 53,8$$

(14)

Frézování druhé operace trvá obrobít jeden díl 1 minutu i s výměnou přípravku. Za hodinu jsme schopni vyrobít 60 dílů.

$$Cena_{CNC_{opr2}} = \frac{Sazba_{CNC}}{Ks_{CNC_{hod}}} = \frac{700}{60} = 11,7$$

(15)

$$Cena_{CNC} = Cena_{CNC_{opr1}} + Cena_{CNC_{opr2}} = 53,8 + 11,7 = 65,5$$

(16)

Celková cena jednoho kusu lišty vedení

$$Cena_{Celkem} = Cena_{prip_{ks}} + Cena_{mat} + Cena_{řez} + Cena_{CNC} =$$

$$Cena_{Celkem} = 2,32 + 5,6 + 2,9 + 65,5 = 76,32$$

(17)

Cena jedné lišty vedení musí být stanovena minimálně na 76,32 Kč/ks. Konečná cena pro zákazníka byla zvolena s rezervou a to na 79 Kč/ks.

8. Závěr

Zavedením přípravku do výroby se nám podařilo snížit výrobní čas a tak jsme byli schopni nabídnout zákazníkovi dobrou cenovou nabídku. Zákazníkovi byla nabídnuta konečná cena 79 Kč/ks při ročním množství 10 000 ks.

Zákazník od nás objednal první zkušební kusy, které jsme prozatím vyrobili bez přípravků. Po schválení kvality dílů se pustíme do výroby a odzkoušení přípravků pro sériovou výrobu.

Vylepšení výroby

Pro takový druh výroby – velké série frézovaných dílů by bylo vhodné pořídit paletové frézovací centrum. V paletovém centru je možno použít přípravky pro větší počet dílů, jelikož nám už nebude záležet na hmotnosti a manipulaci s přípravkem – přípravek bude pořád přidělán na výměnné paletě obráběcího centra, které samo provede rychlou výměnu palet. To by nám umožnilo ještě více snížit čas potřebný k výměně a tím celkový čas obrábění na kus.



Obrázek 8.1 – Paletové obráběcí centrum [10]

9. Seznam literatury

- [1] BOMAR Ergonomic 320.250 G pásová pila na kov | FIPAS - pily na kov - prodej, výroba a servis . Pilové pásy a pásové pily na kov PILOUS, BOMAR | FIPAS [online]. Copyright © 2020, FIPAS [cit. 18.05.2020]. Dostupné z: <https://www.fipas.cz/bomar-ergonomic-320250-g>
- [2] DOOSAN DNM 650HS | TECNOTRADE obráběcí stroje s.r.o.. Tecnotrade obráběcí stroje s.r.o. [online]. Copyright © 2014 Tecnotrade obráběcí stroje s.r.o. [cit. 12.05.2020]. Dostupné z: <http://www.tecnotrade.cz/obrabeci-stroje/vertikalni-centra/doosan-dnm-500/>
- [3] M&V - Velkoobchod nástroji, nářadím a stroji - nářadí, nástroje, stroje, brusivo, měřidla, vrtáky, frézy, nože, kotouče... [online]. Copyright © [cit. 12.05.2020]. Dostupné z: https://www.mav.cz/data/katalog/k_frez_pramet.pdf
- [4] Guehring Ratio RF 100 speed. In: *Guehring* [online]. [cit. 2018-05-17]. Dostupné z: https://www.guehring.de/guehring-wAssets/docs/demo/EN/milling-cutters/RF100-Speed-HB-Sorten_2016_EN_LowRes.pdf
- [5] Guehring -Řezné podmínky. In: *Guehring* [online]. [cit. 2018-05-17]. Dostupné z: https://www.guehring.de/guehring-wAssets/docs/demo/EN/milling-cutters/RF100-Speed-HB-Sorten_2016_EN_LowRes.pdf
- [6] MCN CZ s.r.o. - řezné a upínací nástroje Mitsubishi Materials [online]. Copyright © [cit.12.05.2020]. Dostupné z: http://www.mcncz.cz/wp-content/uploads/2019/10/Akce_platkovy-srazec-HSE.pdf
- [7] Klínové rozpěrné upínače hladké / rýhované, M8 - EH 23250. / Erwin Halder KG. Erwin Halder KG - Manufacturer of Standard Parts, Workholding, Hand Tools and Aviation Products [online]. Copyright © [cit. 18.05.2020]. Dostupné z: <https://www.halder.com/cz/Produkty/Upinani-obrobku/Vicenasobne-upinaci-systemy/Jednotlive-dily/Klinove-rozperne-upinace-hladke-ryhovane-M8>

[8] Excentrické upínací šrouby s šestihranem. MAREK Industrial a.s. [online]. Copyright © 2017 [cit. 14.05.2020]. Dostupné z: <https://www.marek.eu/kip-mechanicke-komponenty/ovladaci-prvky-normovane-dily/upinaci-naradi/23215/excentricke-upinaci-srouby-s-sestihranem.html>

[9] AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia s.r.o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting – A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.

[10] How Automatic Pallet Changers Enhance CNC Machine Production | Hwacheon Asia Pacific Pte. Ltd.. Hwacheon Asia Pacific Pte. Ltd. | Prompt Delivery. Prompt Response [online]. Dostupné z: <https://hwacheonasia.com/id/how-automatic-pallet-changers-enhance-cnc-machine-production/>

10. Seznam obrázků

Obrázek 1.1 – Model vodící lišty

Obrázek 2.1 – Logo firmy Josef Moch

Obrázek 2.2 – Ukázka výroby firmy Josef Moch

Obrázek 2.3 – Ukázka výroby firmy Josef Moch

Obrázek 3.1 – Ukázka lišty v praxi

Obrázek 3.2 – Výkres vodící lišty

Obrázek 3.2 – Pásová pila Bomar Ergonomic 320.250G

Obrázek 3.3 – Obráběcí centrum Doosan DNM 500 II

Obrázek 4.1 – Grafické znázornění dělení materiálu

Obrázek 4.2 – Grafické znázornění frézování rovinnou frézou

Obrázek 4.3 – Rovinná fréza od firmy Pramet

Obrázek 4.4 – Grafické znázornění hrubování monolitní frézou

Obrázek 4.5 – Válcová fréza Guehring Ratio RF 100

Obrázek 4.6 – Grafické znázornění dokončování monolitní frézou

Obrázek 4.7 – Válcová dokončovací fréza od firmy Pramet

Obrázek 4.8 – Grafické znázornění vrtání monolitním vrtákem

Obrázek 4.9 – Monolitní vrták s vnitřním chlazením od firmy Pramet

Obrázek 4.10 – Grafické znázornění srážení destičkovým srážečem

Obrázek 4.11 – Destičkový srážeč firmy Mitsubishi

Obrázek 4.12 – Grafické znázornění závitování

Obrázek 4.13 – Závitník M8 firmy Pramet

Obrázek 5.1 – Klínové rozpěrné upínače od firmy Halder

Obrázek 5.2 – Klínové rozpěrné upínače – technické parametry

Obrázek 5.3 – Model desky přípravku číslo 1

Obrázek 5.4 – Model přípravku číslo 1 osazený rukojetěmi, klínovými upínači a polotovary

Obrázek 5.5 – Model přípravku číslo 1 osazený rukojetěmi, klínovými upínači a frézovanými díly

Obrázek 5.6 – Výkres desky přípravku číslo 1

Obrázek 5.7 – Sestava přípravku číslo 1

Obrázek 5.8 – Schéma upínání polotovarů – přípravek 1

Obrázek 5.9 – Schéma upínání přípravku číslo 1

Obrázek 5.10 – Excentrický upínací šroub s šestihranem

Obrázek 5.11 – Excentrický upínací šroub – technické parametry

Obrázek 5.12 – Model desky přípravku číslo 2

Obrázek 5.13 – Model přípravku číslo 2 osazený rukojetěmi, excentrickými upínači a polotovary

Obrázek 5.14 – Model přípravku číslo 2 osazený rukojetěmi, excentrickými upínači a frézovanými díly

Obrázek 5.15 – Výkres desky přípravku číslo 2

Obrázek 5.16 – Sestava přípravku číslo 2

Obrázek 5.17 – Schéma upínání polotovarů – přípravek 1

Obrázek 5.18 – Schéma upnutí přípravku číslo 2

Obrázek 5.19 – Model přípravku pro druhou operaci

Obrázek 5.20 – Model přípravku číslo 2 s rozpracovanými díly

Obrázek 5.21 – Model přípravku pro druhou operaci – obrobenými díly

Obrázek 5.22 – Schéma upnutí přípravku pro druhou operaci

Obrázek 5.23 – Výkres desky přípravku pro druhou operaci

Obrázek 5.24 – Sestava přípravku pro druhou operaci

Obrázek 6.1 – Logo Fusion 360

Obrázek 6.2 –Výsledné dráhy nástrojů v programu Fusion 360 pro operaci 1

Obrázek 6.3 –Výsledné dráhy nástrojů v programu Fusion 360 pro operaci 2

Obrázek 6.4 – Seřizovací list operace 1 - strana 1

Obrázek 6.5 – Seřizovací list operace 1 - strana 2

Obrázek 6.6 – Seřizovací list operace 2

Obrázek 8.1 – Paletové obráběcí centrum

11. Seznam tabulek

Tabulka 3.1 – Vlastnosti oceli S235

Tabulka 3.2 – Specifikace pásové pily Bomar Ergonomic 320.250 G

Tabulka 3.2 – Specifikace CNC obráběcího centra Doosan DNM 500 II

Tabulka 5.1 – Varianty rozpěrných klínových upínačů od firmy Halder

Tabulka 5.2 – Varianty excentrických upínacích šroubů s šestihrane od firmy Kipp

Tabulka 5.3 – Porovnání variant přípravků